

**Funktionsstörungen des craniomandibulären Systems (CMS) versus  
okklusaler Befund bei Erwachsenen. Eine klinische Studie  
an 55 Patienten.**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität-Jena

von Oliver Schein

geboren am 21.08.1970 in Sömmerda

## Gutachter

1. Prof. Dr. Graf, Jena
2. Prof. Dr. Küpper, Jena
3. Prof. Dr. Fischer-Brandies, Kiel

Tag der öffentlichen Verteidigung: 05.11.2002

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Fragestellung und Zielsetzung</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>6</b>
3.1.	Auswirkungen okklusaler Befunde bei funktionellen Störungen	6
3.2.	Die zentrische Relation als Ausgangspunkt der Untersuchung	11
3.3.	Systematische Fehler der instrumentellen Funktionsanalyse	12
<b>4.</b>	<b>Material</b>	<b>15</b>
4.1.	Charakterisierung des Patientengutes	15
4.2.	Artex <sup>®</sup> -Reference-System	16
4.3.	Registrierung der zentrischen Relation	18
<b>5.</b>	<b>Methode</b>	<b>20</b>
5.1.	Klinische Befunderhebung	20
5.1.1.	Funktionelle Untersuchung und Grundlagen der manuellen Funktionsanalyse	20
5.1.2.	Zentrikbegriff und Zentrikbestimmung	22
5.1.3.	Achsbestimmung und Spurschreibung	25
5.2.	Instrumentelle Befunderhebung	26
5.2.1.	Modellübertragung	26
5.2.2.	Montage und Artikulatorprogrammierung	26
5.2.3.	Prüfung der Okklusion an montierten Modellen	28
5.2.4.	Erfassung okklusaler Befunde und Veränderungen kieferorthopädischer Leitsymptome	28
5.3.	Statistik	32

<b>6.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>33</b>
6.1.	Ergebnisse der klinischen Befunderhebung	33
6.1.1.	Allgemeine Daten des Patientengutes und Basisdiagnosen	33
6.1.2.	Auffälligkeiten bei Zentrikbestimmung und Spurs	35
6.2.	Ergebnisse der instrumentellen Befunderhebung	36
6.2.1.	Befunde der statischen Okklusion	36
6.2.2.	Befunde der dynamischen Okklusion	46
6.2.3.	Zustand der anterioren Führungselemente	48
6.2.4.	Zustand der posterioren Führungselemente	50
6.2.5.	Projektion okklusaler Befundkomplexe auf den Funktionszustand	53
<b>7.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>54</b>
7.1.	Klinische Untersuchungen mit der manuellen Funktionsanalyse und Brauchbarkeit der Zentrikbestimmung	54
7.2.	Funktionszustand versus okklusaler Befund	57
7.2.1.	Funktionelle Befunde und Störungen der statischen und dynamischen Okklusion	57
7.2.2.	Einfluß der anterioren Führung	60
7.2.3.	Einfluß der posterioren Führung	60
7.3.	Vergleiche mit anderen Untersuchungsmethoden und Abschätzung wesentlicher Fehler	62
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>64</b>
<b>9.</b>	<b>Schlußfolgerungen und klinische Bedeutung</b>	<b>67</b>
<b>10.</b>	<b>Anhang</b>	
<b>11.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	

## 1. Einleitung

Der Stellenwert okklusaler Befunde als Auslöser oder Modulator funktioneller Störungen wird sehr unterschiedlich beurteilt. Die Auffassungen reichen dabei von exakt definierten Vorgaben für Okklusion und Kondylenposition (Okklusionskonzepte) bis hin zu Meinungen, wonach Okklusion und Kiefergelenk keine Auswirkungen aufeinander haben [3, 5, 8, 106]. Eine häufige klinische Beobachtung ist die Tatsache, daß das Zusammentreffen mehrerer okklusaler Störungen ohne jeglichen Befund einer Funktionsstörung bleibt bzw. Funktionsstörungen bei idealer Okklusion vorkommen. Dies spricht gegen eine unmittelbare Auswirkung isolierter okklusaler Störungen und für deren Modulationscharakter; ein Summationseffekt ist wahrscheinlich.

Für die kieferorthopädische Diagnostik sind okklusale Befunde aus zwei Gründen wichtig. Erstens kann vor der Behandlung eine Aussage zur okklusalen Ursache einer schon bestehenden Funktionsstörung gemacht werden und zweitens kann beim Vorliegen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen nach Modellmontage im Artikulator das Ausmaß bestimmter Symptome korrigiert werden. A.M. Schwarz formulierte dazu: "Ferner bestimmt man die natürliche Ruhelage der Kiefer, bei der die Zahnreihen bekanntlich nicht geschlossen sind. Diese Bestimmung ist deshalb wichtig, weil die Schlußbißstellung bei falschen Bißlagen teilweise durch die Führung gewisser Zahngruppen erzwungen sein kann: abgelenkter Biß ("Zwangsbiß" besonders oft bei Angle-Klasse III). Diesfalls ist das Größenverhältnis der Kiefer in Wirklichkeit viel weniger gestört, als man aus der falschen Bißlage im abgelenkten Schlußbiß folgern müßte. Es ist allerdings oft ebenso schwierig, die natürliche Ruhelage unmittelbar am Patienten festzustellen, wie bei zahnlosen Kiefern für Zwecke eines vollen Zahnersatzes [106]". Roth spricht in "Functional occlusion for the orthodontist. Part 1" von "verborgenen" Diskrepanzen, welche er ausschließlich im Artikulator und nicht im Munde feststellt, wobei er nach sagittalen, vertikalen und transversalen Veränderungen unterscheidet [108]. Zur Beziehung Dysgnathie, Okklusionsstörung und Funktionsstörung äußert Fischer-Brandies: "Bei Patienten mit craniomandibulärer Funktionsstörung (KF) wird häufig eine mehr oder weniger ausgeprägte Dysgnathie beobachtet. Wenn man bedenkt, daß bei ca. 60 % der Bevölkerung Symptome derartiger Funktionsstörungen auftreten und bei einem mindestens ebenso großen Anteil Okklusionsstörungen vorhanden sind, muß es schon von der statistischen Verteilung her eine Patientengruppe geben, die beide pathologi-

schen Veränderungen aufweist. Dies beinhaltet aber nicht, daß die Okklusion bzw. die Dysgnathie für das Entstehen von KF verantwortlich sein muß [26]". Graf verweist darauf, daß die Schneidezahnbeziehung nach dem Nullpunktgesetz, die intakte Front-Eckzahnführung und die interferenzfreie statische und dynamische Okklusion zum Erreichen eines funktionellen Optimums notwendig und ein wesentlicher Bestandteil der Rezidivprophylaxe sind [33].

An dreidimensional ausgerichteten, durch Modellokklusion oder Bißregistrarat zugeordneten Modellen kann die *Okklusion* studiert werden. Dabei werden Fehlstellungen einzelner Zähne und die habituelle Interkuspidation erfasst. Die *Bißlage* muss aus dem Fernröntgenseitenbild bestimmt werden. Auch durch gedankliche Rekonstruktion von Zahnwanderungen ist eine Bißlagebestimmung möglich. Die Kondylenposition wird bei der Bißnahme durch die Kontaktpunktverteilung und das Registriermaterial beeinflusst. Die Fehlermöglichkeiten der Registrare wie Verformbarkeit, unsichere Zuordnung der Modelle und Veränderungen der Vertikaldimension sind bekannt. Kulmer unterstreicht die Unzulänglichkeiten handgehaltener Modelle: "Die gelenkbezüglich eingestellten Modelle enthüllen häufig das Fehlen jeglicher Frontzahnkontakte im Sinne eines skelettalen Rückbisses bei äußerst ungünstiger Höcker-Gruben-Relation [70]".

Diskrepanzen zwischen Modellokklusion in Zentrik und habitueller Interkuspidation sind im Artikulator ohne Patienteneinflüsse reproduzierbar. Durch diese Diskrepanzen kann es zu meßbaren Veränderungen von *Überbiß* und *sagittaler Schneidekantenstufe* kommen. Auch eine Veränderung der Bißlage ist möglich und kann wiederum im Fernröntgenseitenbild mit eingelegtem Registrarat erfasst werden. Die genannten Veränderungen haben Einfluss auf die Behandlungsplanung. Mögliche okklusale Ursachen einer zu Behandlungsbeginn diagnostizierten Funktionsstörung werden dokumentiert.

## **2. Fragestellung und Zielsetzung**

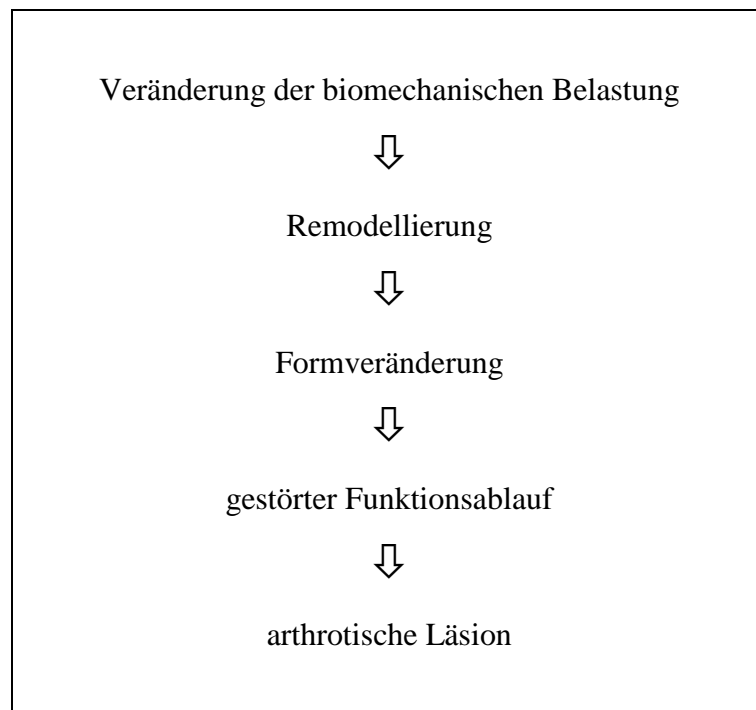
Die funktionelle Untersuchung eines ausgewählten Patientengutes mit einer neuen Untersuchungsmethode und die Zuordnung okklusaler Befunde sind die Grundlagen der vorliegenden Arbeit. Die in der manuellen Funktionsanalyse erhobenen Basisdiagnosen werden zur Gruppierung des Patientengutes verwendet. Okklusale Befunde werden unter Berücksichtigung ihrer mannigfaltigen Kombinationen und ihrer wechselseitigen Beeinflussung zu drei Befundkomplexen zusammengefaßt, nach denen das Patientengut wiederum unterteilt wird. Durch die Projektion der Funktionsbefunde auf die jeweilige Situation können nachfolgende Fragestellungen untersucht werden:

1. Sind Basisdiagnosen der manuellen Funktionsanalyse durch das Auftreten von Befunden der statischen und dynamischen Okklusion gekennzeichnet ?
2. Wird in den Gruppen der Basisdiagnose eine Häufung von kombiniert miteinander auftretenden Befunden der statischen und dynamischen Okklusion im Sinne eines sich wiederholenden „okklusalen Musters“ beobachtet ?
3. Ist die Richtung des zentrischen Gleitens kennzeichnend für eine Basisdiagnose ?
4. Wie verändern sich kieferorthopädische Leitsymptome (nach Klink-Heckmann), durch Diskrepanzen zwischen Zentrik und habitueller Interkuspidation ? Haben die Veränderungen Auswirkungen auf die Behandlungsplanung ?
5. Beeinflussen sich anteriore und posteriore Führung des Unterkiefers und welcher Zusammenhang besteht zur Basisdiagnose ?
6. Welchen Stellenwert hat die instrumentelle Diagnostik ?

### 3. Literaturübersicht

#### 3.1. Auswirkungen okklusaler Befunde bei funktionellen Störungen

Die heutigen Forschungsergebnisse ermöglichen es, eine kausale Beziehung zwischen Über- und Fehlbelastung des Kiefergelenks und objektiven Symptomen wie Geräuschen und/oder gestörten Bewegungsabläufen herzustellen [10, 37, 38, 42, 117]. Durch neue Erkenntnisse des Biofeedback und aus EMG-Untersuchungen können okklusale Triggerfaktoren und parafunktionelle Einflüsse auf die Muskelgruppen des craniomandibulären Systems (CMS) besser beurteilt werden [6, 7, 138]. Eine neue Betrachtungsweise, die sich an Grundlagen aus der allgemeinen Orthopädie orientiert, befaßt sich nicht nur mit den mechanischen Wirkungen okklusaler Störungen, sondern auch mit den Vorgängen auf geweblicher Ebene. Dabei wird von der Voraussetzung ausgegangen, daß eine veränderte Biomechanik Reaktionen der Gewebe hervorruft. Wie die Entstehung einer Funktionsstörung als multifaktorielles Geschehen mit gleicher Abfolge und typischen Symptomen abläuft, hat Hansson anschaulich dargestellt [37]. Im Falle der degenerativen Veränderung wird das Endstadium nach dem Durchlaufen reversibler Zwischenstadien erreicht (Abbildung 1).



**Abb. 1:** Entstehung einer irreversiblen Störung nach Ablauf reversibler Stadien [37]



Gewebeveränderung kann dabei an immer gleichen klinischen Symptomen nachgewiesen werden. Hansson verweist in seinen Veröffentlichungen auf Autopsiestudien, welche diese Zusammenhänge bestätigen [37, 38]. Dennoch sind die Vorstellungen über die Wirkungsweise okklusaler Störungen unterschiedlich. Farrar sieht in der dorsocranialen Verlagerung der Kondylen, hervorgerufen durch zentrische Vorkontakte, die Ursache für die Verlagerung des Diskus nach anterior und medial [25]. Hansson führt dies auf Muskelzug und einen versperrten Rückweg durch eine langfristig entstandene „deviation in form“ (dif) an Kondylus und/oder Fossa articularis zurück [38]. Wiederum andere Autoren erklären den Vorgang ausschließlich über strukturelle Ursachen wie Abflachung der Pars posterior („Narbenplatte“) oder Muskelzug und Bänderdehnung ohne den Einfluß der Okklusion [23, 24, 91]. In Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen klinischem Befund (Geräusche, Diskusverlagerung) und radiologischem Befund (Kondylenverlagerung in habitueller Interkuspidation, Verlagerung des Diskus) sowie Montagebefund ermittelt werden [5, 11, 122]. Als derzeitige einzige Möglichkeit der unverzerrten Darstellung der Hart- und Weichgewebe im Kiefergelenk ist die Magnetresonanztomographie anerkannt. Diese liefert Aussagen zur Verlagerungen im Diskus-Kondylus-Komplex, zum Zustand der pars posterior des Diskus, der bilaminären Zone, des retrokondylären Raumes und zeigt die Resultate abgelaufener Remodelierungsvorgänge [1, 16, 55, 89]. Als hochsensitives und hochspezifisches Untersuchungsverfahren bestätigt und erweitert die Magnetresonanztomographie die Befunde der klinischen Untersuchung und zeigt den aktuellen Gewebezustand. Damit ist diese Untersuchungstechnik eine Säule der Differentialdiagnostik arthrogener Störungen. Der Ursachenforschung arthrogener Störungen kommt besondere Bedeutung zu, weil diese klinisch häufige Störung besonders bei heranwachsenden Patienten unterschätzt wird. Arthrographieuntersuchungen von Westesson et al. bei jungen, gesunden Patienten ohne klinische Symptomatik ergaben in 15 % der Fälle eine Diskusverlagerung mit schmerzloser Reposition [135].

Kausalbeziehungen für den einzelnen okklusalen Befund wurden nur in geringem Maße gefunden. Das liegt im wesentlichen daran, daß okklusale Befunde fast nie isoliert vorkommen, die Untersuchungsmethoden nicht kompatibel und standardisiert waren und keine einheitlichen Definitionen bestanden. Hinzu kommen individuelle Reizschwelle und Adaptationsvermögen des Patienten, die den Leidensdruck und die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse beeinflussen. Ewers gelang es im Tierversuch nach isolierter Ausschaltung der Eckzahnführung Remodelierungsvorgänge auszulösen [22]. Slavicek

sieht in der Translation am Ende der Schließbewegung, hervorgerufen durch eine steile Achsenstellung der Schneidezähne, eine dauernde Traumatisierung der Gelenkstrukturen [124]. Die Erhöhung muskulärer Aktivität bei Vorliegen von Gleithindernissen auf dem Weg von Zentrik zu habitueller Interkuspidationsposition sowie die Besserung der Situation nach Eliminierung der Interferenzen gelten seit den EMG-Untersuchungen von Janckelson als bewiesen und wurden mehrfach bestätigt [41, 63, 86]. Bumann entscheidet anhand der instrumentellen Okklusionsanalyse, ob eine okklusale Interferenz durch Ausmaß und Richtung ursächlich (Belastungsvektor) für eine craniomandibuläre Dysfunktion ist [11]. Nach Kordaß wirken Hyperbalancen dem harmonischen Eingleiten in die Zentrik beim Kauakt entgegen, belasten die Zähne horizontal und können Auslöser unbewußt ablaufender Bruxiervorgänge sein [67]. Williamson macht Mediotrusionshindernisse für die Subluxation der Kondylen unter Funktion verantwortlich und sieht eine Verstärkung des Vorgangs, je weiter posterior die Interferenz liegt [136]. Eine Abnahme der Muskelschmerzen und eine geringere Palpationsempfindlichkeit nach Beseitigung der Hyperbalancen, die teilweise experimentell erzeugt wurden, konnte in mehreren Versuchen erreicht werden [17, 49, 82]. Der methodische Ansatz, okklusale Störungen in ihrer Kombination hinsichtlich des Auftretens und Wirkens zu betrachten, ist im Schrifttum selten zu finden. Geering untersuchte erstmals die Kombination zentrischer Vorkontakte mit Hyperbalancen und die funktionellen Befunde. In der Gruppe mit Schmerzen und klinischen Symptomen tritt die gesuchte Kombination doppelt so häufig auf wie in der Gruppe symptomloser Patienten [32].

Es ist nicht geklärt, ob die Wirkung der isolierten okklusalen Störung stärker ist als die Auswirkungen mehrerer Störungen. Wahrscheinlich ist die Summation und das Zusammenwirken der Störungen entscheidend. Diese These wird auch durch Untersuchungen von Kirveskari gestützt, der bei mehr als 1000 Schulkindern routinemäßig Okklusionskorrekturen vornahm und einer unbehandelten Kontrollgruppe gegenüberstellte, wobei mit zunehmendem Lebensalter die Nachuntersuchungen für die Kontrollgruppe schlechter ausfielen [57, 58]. Daß okklusale Befunde bei Funktionsstörungen ursächlichen Charakter haben müssen, zeigt sich nach konservativer Behandlung durch Veränderungen der Okklusion. Greene und Laskin erzielten in einer Langzeitstudie über 11 Jahre mit 175 Patienten bei 74 % der Patienten erhebliche Besserung bis hin zur Symptombefreiheit und bei 90 % Langzeiterfolg [34]. Invasive Maßnahmen als symptomatische Therapie haben bis auf degenerative Veränderungen eine durchweg geringere Erfolgsquote [12]. Beim Vorliegen asymmetrischer Gleitwege zwischen zentrischer

Okklusionsposition und habitueller Interkuspidation, insuffizienter anteriorer Führungselemente und dentalen Zwangsführungen, bei denen die Kondylen nach kranial und/oder nach retral bewegt werden, ist in der Literatur ein erhöhtes Risiko für Funktionsstörungen beschrieben. Mc Namara und Seligman finden in einer multifaktoriellen Analyse für vergrößerten Overjet und frontal offenen Biß ein größeres Risiko für Myalgie und/oder Osteoarthritis und bei einseitigem Kreuzbiß eine erhöhte Anzahl nicht rückstellbarer Discusverlagerungen [83]. Einen signifikanten Anstieg der Gleithindernisse beim Vorliegen von gekippten Molaren oder Kreuzbiß finden Mohlin und Kopp [86]. Dies zeigt, daß auch bei funktionstüchtiger anteriorer Führung Interferenzen aufgrund der Fehlstellung einzelner Zähne auftreten. Fehlstellungen der Zähne kommen bei kieferorthopädisch zu behandelnden Patienten gehäuft vor. Somit haben diese Patienten a priori ein größeres funktionelles Risiko. Diese These wird durch eine Untersuchung von Reinhardt et al. gestützt, wonach Korrelationen zwischen falsch verzahnten Antagonistenpaaren, Gelenkgeräuschen und Gelenkschmerz bestanden [103]. Auch von der Lagebeziehung der Kiefer scheint ein Zusammenhang für die Ausbildung von Vorkontakten zu bestehen. Bumann und Kopp finden für die Klasse II<sub>1</sub> 90 % Vorkontakte an den Eckzähnen und 5 % an den Schneidezähnen und für die Klasse II<sub>2</sub> eine nahezu umgekehrte Verteilung [63]. Dies ist hinsichtlich der Einschleifmaßnahmen an Frontzähnen mit zunehmender dorsocranialer Kondylenverlagerungen von grundlegender Bedeutung. Ricketts wies schon frühzeitig darauf hin, daß dentale und skelettale Faktoren ähnliche funktionelle Störungen hervorrufen, die skelettalen Ursachen jedoch oft nicht erkannt und über Ausweichbewegungen oder Zwangsbisse kompensiert werden [105]. Eine besondere Rolle scheinen die Klasse II-Anomalien zu spielen. Für beide Formen gibt es eine Reihe Untersuchungen in denen Zusammenhänge zum Funktionszustand nachgewiesen wurden [29, 53, 127].

Diskrepanzen zwischen Okklusion in zentrischer Relation und habitueller Interkuspidation beeinflussen meßbar Überbiß und sagittale Schneidekantenstufe. Es ist nicht geklärt, ob die Fehlstellung einzelner Zähne (Vorkontakte) oder die Veränderung anderer Strukturen die unterschiedlichen Positionen verursacht. Eine Kongruenz der Unterkieferposition in HIKP mit jener in Zentrik läßt sich nur bei etwa 10 % der Bevölkerung nachweisen [104]. In einer neueren Untersuchung mit elektronischer Kondylenpositionsanalyse an klinisch nicht funktionsgestörten Patienten wurden Medianwerte für Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen bis 0,30 mm bei einem Meßintervall von 0,02 bis 0,84 mm ermittelt [8]. Utt stellt bei 19 von 100 zur Behandlung anstehenden Patienten eine

Kondylusverlagerung, bei „normalen“ Diskrepanzen der Kondylenposition von  $\pm 1$  mm anterior-posterior, vertikal 1 mm und transversal 0,5 mm, fest [109]. Weißenberg und Schrems finden bei 12 von 16 Patienten der Erwachsenenbehandlung sagittale Diskrepanzen größer 0,5 mm zwischen terminaler Scharnierachsenposition und HIKP, davon 9 mit asymmetrischer Verlagerung und Lateralversatz des Unterkiefers [115].

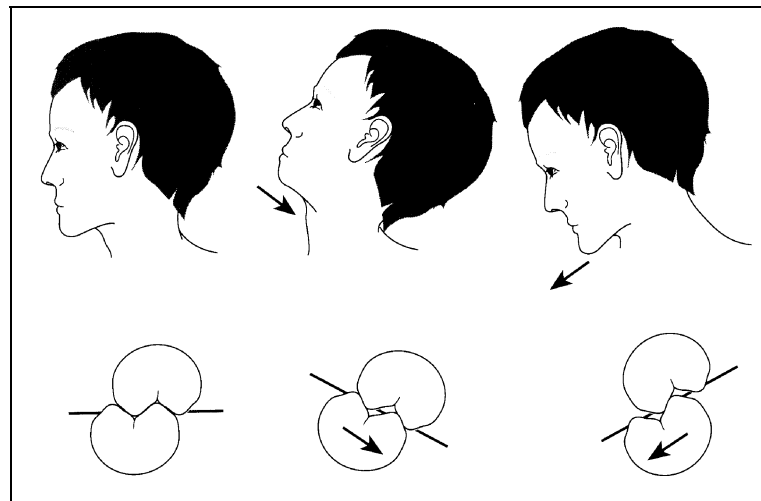
Die Vorstellungen zur idealen Okklusion sind unterschiedlich. Normbegriffe existieren, wie auch bei der Einteilung funktioneller Störungen, nicht. Komponenten wie *Eckzahn-schutz*, Gleitweg und Interferenzen werden unterschiedlich gewichtet. Mit Eckzahn-schutz wird die sofortige diskkludierende Wirkung dieser Zähne bei Lateralbewegung bezeichnet [118]. Aufgrund seiner Stellung im Zahnbogen, der Wurzellänge und dem Rezeptorbesatz wird der Eckzahn als anteriores Führungselement bei Seitbewegung angesehen [94, 114]. Das natürliche Auftreten des Eckzahnschutzes ist selten und wird mit 10 bis 57 % angegeben [20, 48, 107, 110]. Eckzahnschutz ist nur bei initialem Kontakt der Eckzähne möglich. Dieser Kontakt fehlt nach den Erhebungen von Scaife in 8,5 % der Fälle [110]. Slavicek gibt mit der Konstruktion einer „funktionellen Teilungsebene“ eine Möglichkeit zur Aussage über die anteriore Führung nach dem Fernröntgenbild an [36, 124]. Skelettale Veränderungen bei Dysgnathien können danach über die Wirksamkeit der anterioren Führung entscheiden. Dies bestätigt die klinische Beobachtung, daß bei Dysgnathiepatienten ein hoher Anteil mit Gleithindernissen und teilweise fehlender anteriorer Führung registriert wird. Hindernisse bei Protrusion kommen im Vergleich zu anderen okklusalen Störungen im natürlichen Gebiß bei Patienten mit steil oder invertiert stehenden Schneidezähnen seltener vor, weil bei regelrechter Schneidezahnbeziehung die anteriore Führung dominant zur Gelenkführung ist und sofortige Disklusion gewährleistet [123]. Auch hier wird bei kieferorthopädisch zu behandelnden Patienten, aufgrund der Veränderungen des Überbisses und der sagittalen Schneidekantenstufe, die Disklusion ausschließlich durch die Gelenkführung bewirkt. Die Neigung der Schneidezähne zur Achs-Orbitalebene ist oft so verändert, daß kephalometrisch die Disharmonie zwischen anteriorer und posteriorer Führung nachgewiesen werden kann. Entsprechende Gesetzmäßigkeiten wurden von Stuart, Slavicek und Ku-bein formuliert [104]. Gleithindernisse auf der Mediotrusionsseite (Hyperbalancen) werden bei mehr als 50 % der Patienten ohne funktionelle Störungen beobachtet [20, 33]. Dabei müssen jedoch die unterschiedlichen Entstehungsmöglichkeiten dieser Störung, wie Immediate side shift, fehlender Eckzahnschutz oder Kippung des betreffenden Zahnes, beachtet werden, weil Ursache und Wirkung für die Therapie entscheidend

sind. Zentrische Vorkontakte kommen ebenfalls im natürlichen Gebiß vor. Gleitwege von 2 mm und darüber, sowie ein seitliches Abgleiten sind kennzeichnend für Patienten mit myogenen Störungen [41].

### **3.2. Die zentrische Relation als Ausgangspunkt der Untersuchung**

Definition und Anleitung zur Bestimmung der zentrischen Relation sind in der zurückliegenden Zeit wenig bearbeitet worden. In der Entwicklung des Zentrikbegriffs fällt auf, daß die Positionierung der Kondylen durch den aktuellen Zustand der Gewebe und nicht mehr durch externe Manipulation (Lauritzen, Dawson) erreicht wird. Die dorsocraniale oder knöcherne Referenzposition wurde aufgegeben. Die mehrfach ermittelte bessere Reproduzierbarkeit handgeführter Positionen und Registrate ist durch das Auffinden einer knöchernen Referenz begründet und wird mit mehreren Möglichkeiten der Fehlregistrierung erkauft [27, 47]. Eine Plazierung der Kondylen im retrusiven Funktionsbereich und damit nicht mehr „uppermost“ ist grundsätzlich möglich. In der Transversalen sind ebenfalls Fehlpositionierungen möglich. Lückerath und Helfgen fanden für manuelle Führung des Unterkiefers nach lateral aus der retrudierten Kontaktposition für den Transversalversatz des Mediotrusionskondylus 0,4 mm und des Arbeitskondylus 0,9 mm. Mit einsetzender sagittaler Bewegung stiegen beide Werte deutlich an [80]. Untersuchungen über Konstruktionsbißnahmen an Schädelmodellen mit verschiedenen Methoden und verschiedenen Behandlern zeigten, daß die Transversale am wenigsten fehlerbehaftet war. Die Maximalwerte der Abweichungen waren am kleinsten, die Streubreiten am geringsten und gegenüber den beiden anderen Koordinaten konnten sogar identische Ergebnisse erzielt werden. Dies wird durch Untersuchungen von Lotzmann bestätigt, der für den Versatz aus der Zentrik heraus einen Mittelwert von 0,2 mm und für die Verschiebung aus der HIKP von 0,3 mm bei einer Streubreite der Werte von 0,1 - 1,0 mm fand [76]. Simon and Nichols konnten einen „Verschiebungsbereich“ von 0,302 mm mediolateral und 0,278 mm anteriorposterior für Registrierungen mit externer Manipulation ermitteln [122]. Trotz der besseren Reproduzierbarkeit handgeführter Registrate ist im Einzelfall die Möglichkeit der Fehlpositionierung nach kaudal und in geringerem Maße nach cranial und lateral größer als bei Zentrierung ohne externe Manipulation. So fand Schöttl bei seinen Untersuchungen über Zentrikbestimmung mit „myo-monitoring“ in keiner

Raumbene 100 %-ige Übereinstimmung der Werte für Kondylenposition in (muskulärer) Zentrik mit retraler Kontaktposition und HIKP. Nur bei den Abweichungen in cranialer und retraler Richtung wurden mehr als 50 % der Fälle mit gleicher Position registriert [112]. Daraus kann gefolgert werden, daß die Muskulatur die Kondylen grundsätzlich anders zentriert als Knochen, Bänder und die Manipulation durch den Behandler. Auch die Haltung des Patienten beeinflusst die Registrierung, wie die Abbildung 2 vereinfacht darstellt.

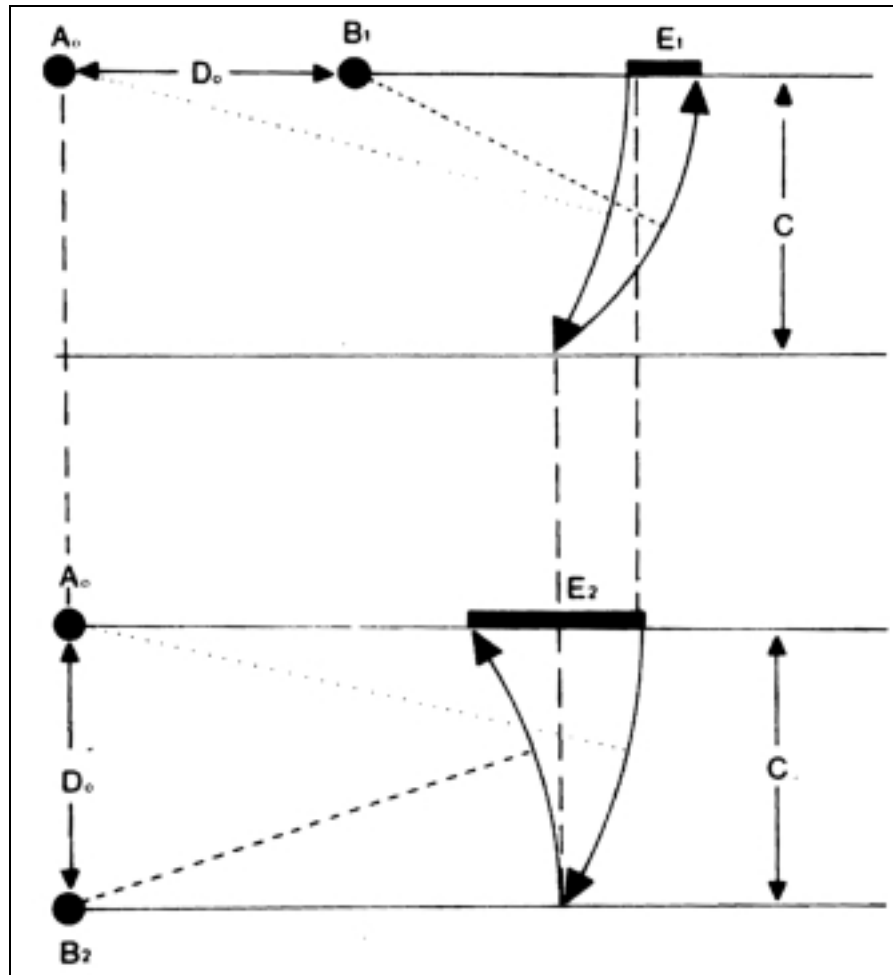


**Abb. 2:** Einfluß der Haltung auf die Unterkieferlage [38]

### 3.3. Systematische Fehler der instrumentellen Funktionsanalyse

Durch Montage- und Projektionsfehler wird die räumliche Orientierung der Modelle zur Scharnierachse verfälscht, und es resultiert ein okklusaler Fehler (Abbildung 3). Zuordnungsfehler vergrößern sich proportional zur Dicke des Registrates [11]. Vertikale Fehler gehen stärker ein als horizontale Fehler [11]. Hoffmann et al. wiesen in einer mathematischen Analyse nach, daß der sagittale Abstand zur Drehachse für die Balanceseite die größten vertikalen Fehler verursacht. Überschreitet die Streubreite der Fehlbestimmung 10 mm um die tatsächliche Achse, entstehen Fehler im Millimeterbereich [45]. Ähnliche Dimensionen gelten für Fehler beim Interkondylarabstand [45]. Die Reproduzierbarkeit der kinematischen Achsbestimmung ist nach Wood und Korne im Vergleich zum arbiträren Verfahren schlechter und wird mit 0,5 mm Kondylenver-

lagerung in der Sagittalebene für die horizontalen Abweichungen angegeben [137]. Die gute Reproduzierbarkeit des Verfahrens nach Lauritzen ist belegt [47]. Durch die Tatsache, daß der Ort der Bewegung nicht mit dem Ort der Bewegungsaufzeichnung übereinstimmt, entstehen bei allen Spurschreibungen Projektionsfehler, die durch gelenknahe Verfahren minimiert werden können. Falsche Werte für die horizont-



**Abb. 3:** Horizontale und vertikale Fehlbestimmung der Scharnierachse. Es resultiert eine Verschiebung des Kontaktpunktes um den Betrag  $E$  [129].

ale Kondylarbahnneigung (HKN) und den Bennettwinkel führen zu veränderten Artikulationsbahnen [45]. Dies ist auf der Balanceseite stärker ausgeprägt als auf der Arbeitsseite.  $10^\circ$  Winkelabweichung des Bennettwinkels oder der HKN auf der Balanceseite ziehen 250 bzw.  $25 \mu\text{m}$  vertikalen Fehler nach sich. Bei den horizontalen Abweichungen geht die falsche Einstellung des Bennettwinkels auf der Balanceseite mit dem größten Fehler einher [45]. Lotzmann untersuchte weitere Fehlerquellen. Die

Beeinflussung der Aufzeichnung einer Seite durch Bewegung der Gegenseite (Kippung der Achse; Bewegungshindernisse, die zu ungleichen Aufzeichnungsgeschwindigkeiten und damit zu Verzerrungen der Spuren führen.) sind nach seiner Meinung wesentliche Fehlerquellen. Die Unparallelität der Platten, Schwerpunkt und Gewicht der Registrierapparat wirken sich ebenfalls aus: für kopflastige Bögen mit einem Gewicht von mehr als 100 g ist eine initiale Kranialposition der Kondylen (neuromuskuläre Überkompensation) mit einem späteren Absinken (Ermüdung) beschrieben [11, 74, 75].



## **4. Material**

### **4.1. Charakterisierung des Patientengutes**

Die Auswahl der Patienten erfolgte aus dem laufenden Patientengut der Erwachsenenbehandlung der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Die überwiegende Anteil der Patienten wurde im Rahmen der Vorbereitung zur Dysgnathie-Operation und aufgrund funktioneller Störungen behandelt.

Bei erwachsenen Patienten kommt es, bedingt durch den Abschluß des Wachstums und das Auftreten erster Verschleißerscheinungen am Gebiß, zur Beanspruchung adaptiver Kapazitäten der Gewebe, bei insgesamt rückläufiger Regenerationsfähigkeit. Psychisch bedingte und durch Eingliederung umfangreicherer Restaurationen mitausgelöste Para-funktionen manifestieren sich an den Geweben. Im sogenannten Leistungsalter vom 25. bis zum 40. Lebensjahr liegt ein Häufigkeitsgipfel für Para-funktionen [113]. Diese beiden Gründe sind für die Entstehung funktioneller Störungen ätiologisch bedeutsam. Mit dem Ende des Wachstums haben die Kompensationskurven ihre endgültige Form erreicht und werden erst durch Zahnverlust oder durch Abnutzung sekundär verändert [68].

Fehlende Referenzen machen Maßnahmen der instrumentellen Funktionsanalyse bei Kindern und Jugendlichen nur eingeschränkt verwertbar. Tätowierungsversuche mit Kindern und Jugendlichen zeigten die rasche Verlagerung des Scharnierachsenpunktes nach dorsal. Jede Neu Beurteilung wäre dabei mit kompletter Neumontage verbunden. Aufzeichnungen der Unterkieferbewegungen kieferorthopädischer Neufälle brachten, bis auf die gesicherte Darstellung des reziproken Knackens, keinen Erkenntnisgewinn [52, 90, 115]. Temporäre Abgleitbewegungen des Unterkiefers, aufgrund des Stütz-zonenwechsels, simulieren Diskrepanzen [69, 130].

Durch die Einstellung der Weisheitszähne können okklusale Störungen auftreten, die sich nach dem Thielemannschen Diagonalgesetz auswirken [132]. Mit „second molar deflection“ wird in der Literatur die Möglichkeit zur Entstehung von Gleithindernissen am zweiten Molar mit ähnlicher Wirkung beschrieben [86, 136]. Abrasion (funktionell durch S-Lautbildung, para-funktionell durch Knirschen) und Wanderung der Eckzähne verringert die Entkoppelung der Zahnreihen durch die anteriore Führung [2, 96, 114]. Iatrogen verursachte Veränderungen der Bißhöhe und Interferenzen auf Restauratio-

nen summieren sich. Die Ausbildung des als tertiär oder adolescent bezeichneten Engstandes im Gebiet der Unterkieferschneidezähne führt zu Vorkontakten und Anpassungsreaktionen der Antagonisten mit abnehmender Wirksamkeit der anterioren Führung. Durch Zahnverlust kommt es zu Dekompensationserscheinungen, wie Kranialverlagerung der Kondylen bei Stützzoneneinbruch oder Stellungsänderung der lückenbegrenzenden Zähne mit der Ausbildung von Zwangsführungen [31].

Für einige der angeführten Störungen ist, aufgrund dabei auftretender muskulärer Verspannung oder mechanischer Verlagerung der Kondylen, eine Zentrikbestimmung a priori fehlerbehaftet. In diesen Fällen ist eine Initialbehandlung mit Therapie der Parafunktion und Sicherung einer entlastenden Vertikalrelation angezeigt.

Deshalb wurden folgende Ausschlußkriterien festgelegt:

1. Parafunktionen und Habits
2. Attrition und parafunktionell-exzessive Abnutzung
3. Schalt- und Frendlücken
4. Schmerzen am Tage der Zentrikbestimmung
5. umfangreiche Restaurationen
6. Wachstum

Das vierte Ausschlußkriterium bezieht sich auf den vom Patienten angegebenen Schmerz und nicht auf Schmerzereignisse, welche durch den Untersucher ausgelöst wurden. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Palpationsschmerz und Schmerzen bei passiver und isometrischer Testung der Gewebe.

#### **4.2. Artex<sup>®</sup>-Reference-System**

Das Artex<sup>®</sup>-Reference-System (Reusch/Feyen/Cramer) ist ein modular aufgebautes Gerätepaket zur Anwendung in Diagnostik und Therapie. Durch Aufrüstung der Basisvariante (arbiträr) ist der Einsatz im kinematischen Bereich möglich. Dabei wird eine Genauigkeit des Instrumentariums von 20  $\mu\text{m}$  für das Lösen und Fügen aller Komponenten werkseitig garantiert [30]. Durch die Verwendung aufeinander abgestimmter Kunststoff-Metallkombinationen ist die vorgegebene Toleranz für die Passung dauerhaft gegeben. In einer früheren Untersuchung wurde für das SAM-System 190  $\mu\text{m}$  als untere Genauigkeitsgrenze bei erstjustierten Geräten angegeben [28]. Unterschiedlich starkes

Anziehen der Schraubverbindungen zu den Sockelplatten führte dabei zu Ungenauigkeiten von bis zu 140  $\mu\text{m}$ . Qualitätsmerkmale des Artex<sup>®</sup>-Reference-Systems sind:

1. Splitcast-Justierschlüssel zur Einrichtung aller Artikulatorkomponenten
2. Horizontal angeordnete Gelenkkugeln mit Nachjustierungsmöglichkeit (Eingießen)
3. Schraubenlose Fixierung der Modellsockel an den Artikulatorkomponenten durch selbstzentrierendes Magnetsockelsystem
4. konische Führungsflächen zur Positionierung austauschbarer Elemente

Der Gesichtsbogen des Artex<sup>®</sup>-Reference-Systems ist durch drei Stützen und ein Gummiband am Kopf fixiert und bleibt auch während der Bewegungsaufzeichnung am Ort (Abbildung 4). Die unsichere Fixierung bei älteren Systemen wird als Ursache für grobe Fehler angegeben [30]. Durch Nutzung der skalierten Verschiebungsbereiche des Bogens ist eine individuelle Anpassung am Kopf gewährleistet. Der Bogen trägt die Aufzeichnungsplatten für Achsbestimmung bzw. Protrusionsspur. Der Infraorbitalpunkt zur schädelbezüglichen Übertragung wird mit einem schwenkbaren Stift dargestellt. Der Schreibbogen ist über einen Aluminiumlöffel mit dem Unterkiefer verbunden und wiegt komplett 150 g. Das geringe Gewicht ist ein Vorteil gegenüber anderen Systemen. Die Schreibvorrichtung zur Aufzeichnung der Mediotrusionsspur ist über den Schreibstift (Achsbestimmung/Protrusionsspur) schwenkbar am Bogen angebracht. Damit ist eine bewegungssynchrone Aufzeichnung von Protrusionsspur und Bennettwinkel auf der Achse möglich. Der Aufzeichnungsschlitten für die Mediotrusionsspur ist bei der Bewegung auf die Kondylenbahn ausgerichtet und bleibt ortständig (Abbildung 5). Diese konstruktive Lösung stellt einen wesentlichen Beitrag zur Minimierung von Projektionsfehlern dar. Die Feineinstellung der Schreibstifte in vertikaler und sagittaler



**Abb. 4:** Registrierbesteck und Übertragungsbogen in situ [30].



**Abb. 5:** Bewegungssynchrone Spurschreibung [30].

Richtung geschieht über Distanzschrauben am Bogen. Die Aufzeichnung der Bewegungsspuren erfolgt nahezu reibungslos direkt auf selbstzeichnenden Haftetiketten. Am Übertragungsbogen wird über die Befestigung eines Hilfslineals die Bezugsebene (Achsorbitalebene) von Hand auf die Etiketten gezeichnet. Für die Mediotrusionsspur wird die Bezugsebene (Parallele zur Mediansagittalebene) durch Verschieben des Schreibschlittens nach dem Ende der Spurschreibung erstellt. Die federnde Lagerung aller Schreibstifte minimiert die Beeinflussungen der Aufzeichnung über das kontralaterale Gelenk. Der Übertragungsstand zum Eingipsen des Oberkiefermodells ist mit herausziehbaren Achsteilen versehen, in die der zugehörige Achsstift des Übertragungsbogens eingesteckt wird. Damit können die verschiedenen Interkondylarabstände berücksichtigt werden. Unter Verwendung eines doppelt skalierten Lineals wird das Oberkiefermodell achsmittig ausgerichtet. Der Artex<sup>®</sup>-Reference-Artikulator ist ein Arcon-Gerät mit Verwandtschaft zum Stuart-Artikulator. In einer neueren Systematik wird er zur Gruppe der volladjustierbaren Geräte gezählt [54]. Mit Ausnahme retrusiver Bewegungen besteht für alle Funktionsbereiche eine Darstellungsmöglichkeit innerhalb der zwölf Kombinationsmöglichkeiten der kurvilinear gekrümmten Gelenkeinsätze (Abbildung 16). Die Entscheidung zur Verwendung des Artex<sup>®</sup>-Reference-Artikulators fiel aufgrund der Darstellungsmöglichkeit eines Immediate side shifts, der Nachvollziehbarkeit von Gruppenführungen und der Verwendung kurvilinear gekrümmter Einsätze [55, 62].

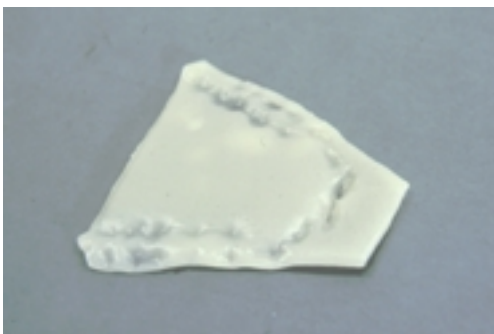
#### **4.3. Registrat der zentrischen Relation**

Durch das Registrat der zentrischen Relation wird das Unterkiefermodell dem bereits montierten Oberkiefermodell zugeordnet und anschließend fixiert. Da es sich um ein sperrendes Registrat handelt, führt jede falsche Zentrikbestimmung zu einem Rotationsfehler und letztlich zu falschen Kontakten der Modelloklusion. Die Dicke des Registrates hat ebenfalls Einfluß auf die Zentrikbestimmung. Bei (individuell) zu großer Bißsperre besteht die Möglichkeit, daß zur Rotation der Kondylen eine Translation hinzukommt und das Registrat den Unterkiefer anterior positionieren würde. Die in der Literatur gefundenen Angaben zum Einsetzen der Translation bei Mundöffnung reichen von sofortigem Versatz [121] über die ersten zwei Grad Öffnungswinkel [88] bis zu Angaben im Zentimeterbereich. Die einzige in der Literatur beschriebene Umgehung der Fehlerquelle „Registrat“ ist die Ausrichtung des Unterkiefermodells direkt nach Grenz-

bewegungsaufzeichnung im Mastikator nach Weber [129]. Bei der Entscheidung für das Trägermaterial des Registrates stehen sich immer drei Forderungen gegenüber:

1. Fließfähigkeit beim Erzeugen der Impressionen (Minderung der Aktivität parodontaler Rezeptoren)
2. minimale Dicke (Vermeiden der Translation)
3. sichere Plazierung in den Impressionen (geringste plastische Deformation)

Gegenwärtig gibt es kein Material, das allen Anforderungen genügt. Durch die Verwendung eines individuell hergestellten, verwindungssteifen Kunststoffträgers in Kombination mit dünnfließender, erhärtender Paste und eines am Patienten aufgebauten Kunststoffjigs konnte den Forderungen eins und drei entsprochen werden. Bei der Forderung nach minimaler Dicke mußten zwangsläufig Abstriche gemacht werden. Hier konnte laborseitig, durch Perforation der Impressionen der Oberkieferzähne, das Registrat dünner gestaltet und eine sichere Plazierung zum Eingipsen ermöglicht werden. In den Abbildungen 6 und 7 sind individueller Träger und Kunststoffaufbau zu sehen. Wachsregistrare zeigen plastische Deformation, geben keine sichere Möglichkeit zum Aufbau des anterioren Plateaus und können durchgebissen werden, was parodontale Rezeptoren aktiviert. Den in der Literatur beschriebenen Registrierungen nach dem Wasserkissenprinzip fehlt die Verschlüsselungsmöglichkeit, die Zentrierung gelingt damit jedoch gut [73].



**Abb. 6:** Individueller Träger



**Abb. 7:** Kunststoffaufbau

## **5. Methode**

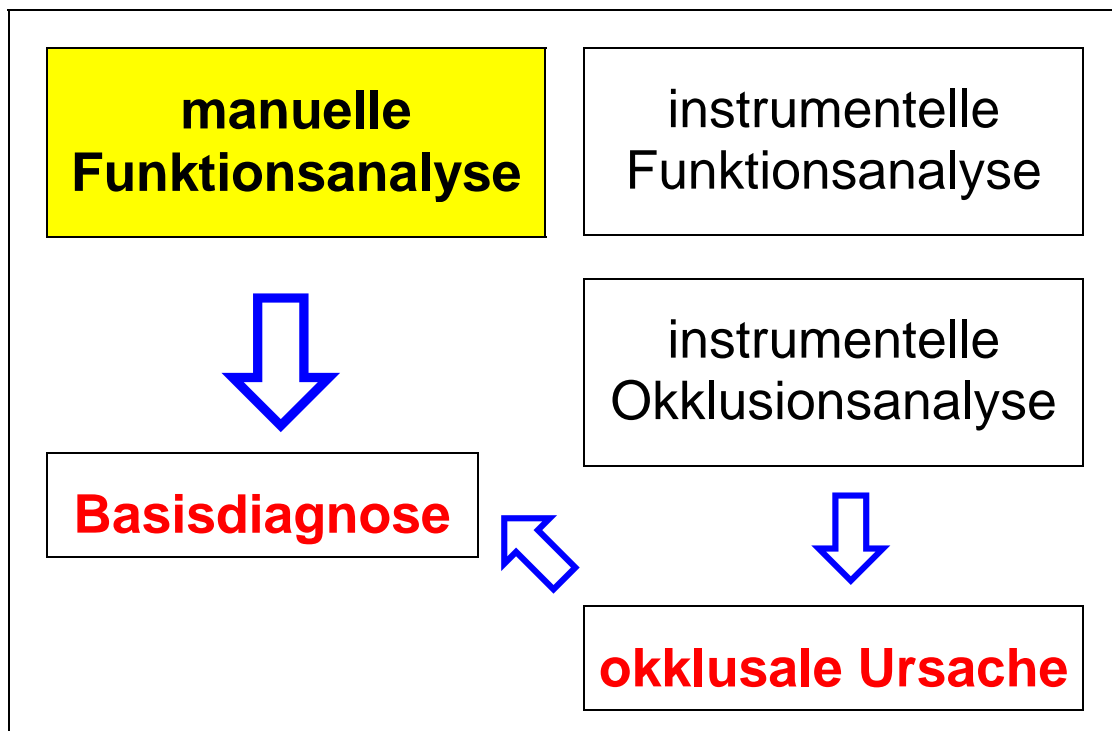
### **5.1. Klinische Befunderhebung**

#### **5.1.1. Methodik der Untersuchung und Grundlagen der manuellen Funktionsanalyse**

Die Methodik der vorliegenden Untersuchung basiert auf der Überlegung, daß zuerst mit einer klinischen Funktionsprüfung am Patienten eine Arbeitsdiagnose erhoben und danach weitere diagnostische Maßnahmen, wie instrumentelle Funktionsanalyse und instrumentelle Okklusionsanalyse folgen sollten. In der Abbildung 8 ist die Methodik der Untersuchung schematisch dargestellt. Mit einer Funktionsuntersuchung in Form der manuellen Funktionsanalyse ist es möglich, Symptomen, die am Ende von Reaktionen des craniomandibulären Systems stehen, eine Diagnose zum untersuchten Gewebe zuzuordnen. Nach Bumann werden dabei Symptome der Kompensation (muskuläre Reaktion) wie Ausweichbewegungen, Schonhaltungen, Verspannungen der Muskulatur und Symptome der Adaptation (bindegewebige Reaktion), wie Veränderungen an Muskulatur, Bändern, Knorpel und Knochen unterschieden [9].

Mit dem Begriff der manuellen Funktionsanalyse wird eine Untersuchungskaskade manueller Techniken bezeichnet, deren Ergebnisse lokal am Gewebe erhobene Befunde sind. Das System manueller Diagnostik wurde in Teilbereichen von unterschiedlichen Autoren (Bumann, 1992; Engelhardt, 1985; Farrar, 1971; Frisch, 1987; Groot-Landeweer, 1992; Hansson und Nilner, 1975; Helkimo, 1974; 1975; Krogh-Poulsen, 1966; Krogh-Poulsen und Carlsen, 1981; Lückerrath et al., 1988; Meyer und Motsch, 1987; Müller et al., 1991; Kopp und Sebal, 1999) entwickelt und einzelne Teile in verschiedenen Kombinationen als Diagnostiksysteme publiziert. Die Auswertung der Befunde führt zur Zuordnung zu den Basisdiagnosen, wobei häufig Kombinationen mit Betonung einer Störung gefunden werden. Basisdiagnosen sind:

- arthrogene Störung
- myogene Störung
- psychisch/neurogene Störung



**Abb. 8:** Methodik der Untersuchung

Diese einfache Einteilung setzt sich zunehmend durch, weil sie sich an der klinischen Routine orientiert und nicht in unübersehbar viele Untergruppen aufspaltet [98]. Etablierte Schemata zur Differentialdiagnose und Therapie für jede der drei großen Gruppen können folgen. Wichtig ist die in letzter Zeit mehrfach wiederholte These, daß es keine primär myogene Funktionsstörung gibt bzw. diese nicht ohne einen Auslöser entsteht [117]. Die muskulären Symptome sind die Ergebnisse dauerhaft erhöhter Muskelaktivität. Auslöser hierfür können Okklusionsstörungen, Parafunktionen oder ein erhöhtes psychomotorisches Aktivitätsniveau des Patienten sein. Für die arthrogene Gruppe ist die reaktionsbedingte Veränderung nicht allein ursächlich. Hier spielen auch anatomisch-strukturelle Gegebenheiten eine Rolle, wie zum Beispiel der Zustand des Bandapparates und die Menge der undifferenzierten Mesenchymzellen und vorangegangene Mikro- bzw. Makrotraumen [139].

Durch den logisch aufeinander abgestimmten Untersuchungsablauf ist die Erhebung der Basisdiagnose nach der Durchführung von Anamnese und orientierender Untersuchung in etwa 10 Minuten möglich. Zur Sicherung der Differentialdiagnose wird die erweiterte Untersuchung und wenn notwendig die „Palpationslandkarte“ abgearbeitet [64, 65]. Die Differentialdiagnostik erfordert mehr Zeit und ist nur von darin geübten Behandlern

vorzunehmen. Zur Untersuchung werden keine speziellen Hilfsmittel benötigt. Durch die Schematisierung des Untersuchungsablaufes, die Verwendung allgemein orthopädischer Techniken und Referenzen sowie die klare Definition pathologischer Zustände ist eine Reproduzierbarkeit gegeben. Aus der allgemeinen Orthopädie entnommene Untersuchungstechniken sind die passive und isometrische Testung sowie die Gelenkspieltechniken. Orthopädischen Zustandsbeschreibungen liegen Bewegungsqualität /Bewegungs-hinderniss, Gelenkgeräusch und Endgefühl zu grunde. Nach dem Befundblatt „Basisdiagnostik“ (siehe Anhang) wurden alle Patienten untersucht. Tabelle 1 im Anhang führt die Basisdiagnosen mit den dafür aussagekräftigen Tests und den differentialdiagnostischen Besonderheiten auf. Aus Gründen der Fehlerminimierung und der Reproduzierbarkeit wurden alle manuellen Funktionsanalysen durch den gleichen Untersucher durchgeführt. Mit der Abarbeitung der Tests „aktiv, passiv, Endgefühl, Isometrie“ und der Anamnese ist eine sofortige Erhebung der Basisdiagnose möglich, und nicht behandlungsbedürftige Befunde, wie schmerzloses Knacken, „clicking in one and the same position“ oder Diskrepanzen zwischen Patientenangaben und Untersuchungsbefunden, werden transparent gemacht [37, 39]. In den Abbildungen 9 bis 11 sind Untersuchungsschritte der manuellen Funktionsanalyse dargestellt.

### **5.1.2. Zentrikbegriff und Zentrikbestimmung**

Die zentrale Relation ist eine Kondylenposition, bei der die Unterkieferlage nicht durch die habituelle Interkuspidation (*HIKP*) determiniert ist. Mit dem Begriff *Zentrik* wird in dieser Arbeit die Okklusion und Modellokklusion bei zentraler Relation bzw. nach deren Registrierung bezeichnet. Abweichungen zwischen Zentrik und habitueller Interkuspidation werden *Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen* genannt.

Die in dieser Arbeit geforderte Zentrik ist wie folgt definiert: Die Kondylen nehmen die am weitesten kranial mögliche Position ein. Dabei befinden sich die Kondylen im Gefüge des Discus, sind nicht seitenverschoben und alle Weichgewebe sind entspannt. Externe Manipulationen werden vermieden. Der Patient sitzt entspannt und aufrecht. Weil die Zentrik für die Aussage der Arbeit von grundlegender Bedeutung ist, setzte bei allen Patienten, deren Erstbestimmung Anhaltspunkte für eine Zentrik außerhalb der geforderten Definition lieferte, nach der Regel „keine Weiterbehandlung ohne Referenz“





**Abb. 9:** Palpation der Kiefergelenke bei Mundöffnung.



**Abb. 10:** Intraorale Palpation des Musculus masseter.



**Abb. 11:** Isometrische Testung der Mediotrusion rechts.

eine Vorbehandlung (Aufbißbehelf und Remontage) ein. Die Reproduktion der zentrischen Relation ist abhängig vom:

1. Zustand der beteiligten Gewebe (Muskelverspannungen, Schäden an gelenkbildenden Strukturen, Schonhaltung)
2. Patient (Sitzposition, Kopfhaltung, Anspannung)

Eine besondere Bedeutung bei der Zentrikbestimmung hat der retrusive Funktionsbereich (Abbildung 12). Unter Funktion (Kauen, Schlucken, Sprechen) kann der Kondylus kurzzeitig in diesem Bereich liegen. Eine ständige Positionierung der Kondylen in diesem Bereich ist heute kein Behandlungsziel mehr. Nach Slavicek soll der Gleitweg in diesem Bereich zahngeführt (oberer erster Prämolare) und symmetrisch sein [104]. Jäh-nig stellt fest, daß es mit zunehmender Sperrung zu einer Veränderung und Blockierung in der Darstellung des retrusiven Funktionsbereiches bei pantografischen Aufzeichnungen kommt. Paraokklusale Löffel werden von ihm als Grundvoraussetzung zur Darstellung des retrusiven Bereiches innerhalb einer Pantographie angesehen [51]. Im Artikulator ist der retrusive Funktionsbereich, außer in Geräten mit individuell hergestellten Gelenkboxen oder speziellen Gelenkkugeln, nicht nachvollziehbar [111]. Da in dieser Arbeit nur der Bereich der Zentrik und anterior davon liegende zahngeführte Bewegungsabschnitte untersucht werden, okklusale Löffel bei der Spurschreibung genutzt und Artikulatoren ohne Darstellungsmöglichkeit distal der Zentrik verwendet wurden, spielt der retrusive Funktionsbereich mit Ausnahme der Drehachsenbestimmung keine Rolle. Die Zentrikbestimmung dieser Arbeit hat folgende Grundlagen:

1. Neuromuskuläre Zentrierung der Kondylen unter Nutzung isotonischer Aduktorenkontraktion ohne externe Manipulation.
2. Deprogrammierung und Reduzierung der Wirkung parodontaler Rezeptoren auf ein Minimum durch Verwendung eines frontalen Jigs und dünnfließenden Materials zur Herstellung der seitlichen Impressionen [116, 77].

Die Zentrikbestimmung lief bei allen Patienten gleich ab. Die im anterioren Jig aus lichthärtendem Kunststoff verursachten Impressionen von nicht mehr als zwei Unterkieferschneidezähnen dienten der Positionierung des Unterkiefers. Dabei wurden die Impressionen soweit eingeschliffen, daß die entstandene Bißsperrung gerade den ersten Zahnkontakt im Seitenzahnbereich verhinderte. Die Festlegung der Impressionen erfolgte durch die Aufforderung an den Patienten, leicht zuzubeißen. In Fällen einer ausgeprägten sagittalen Kompensationskurve oder eines tiefen Bisses mußte eine größere Sperrung mit allen nachteiligen Folgen in Kauf genommen werden. Die Verschlüsse-

lung erfolgte mittels dünnfließenden Materials und der gleichen Aufforderung an den Patienten. Nach dem Aufsuchen der Impressionen erfolgte die Zentrierung des Unterkiefers ohne externe Manipulation, ausschließlich über die neuromuskuläre Reaktion des Patienten [77, 118].



**Abb. 12:** Retruser Funktionsbereich einer sagittalen Pantographiespur [51].

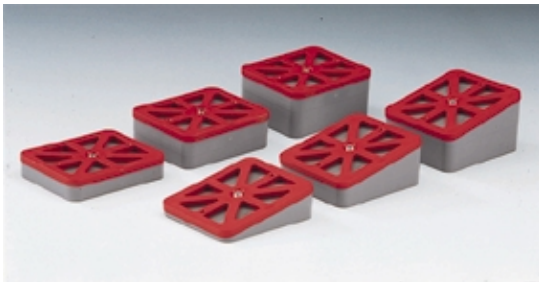
### 5.1.3. Achsbestimmung und Spurschreibung

Alle Achsbestimmungen, Spurschreibungen und Montagen dieser Arbeit sind mit dem Artex<sup>®</sup>-Reference-System (Reusch/Feyen/Cramer; Gierbach) durchgeführt worden. Die Patienten übten die erforderlichen Funktionsbewegungen vor der Aufzeichnung ohne Registrierbesteck mehrfach. Die Drehachse wurde mit dem Vorgehen nach Lauritzen bestimmt [72]. Hierbei wurde mit dem Registrierbesteck der Punkt der geringsten Bewegung für rechte und linke Schreibspitze auf den vertikalen Schreibplatten aufgesucht. Der Unterkiefer wird dabei mit dem Kinnführungsgriff nach Lauritzen bewegt. Hierbei ist es grundsätzlich möglich, den Unterkiefer außerhalb der zuvor bestimmten Zentrik zu plazieren. Ein nichtapparativer Einfluß auf die Achsbestimmung kann durch den Patienten selbst verursacht werden. Muskelverspannung, Schonhaltung, Schmerz, Aufregung oder ein verlagerter Diskus können Ursachen für eine Fehllokalisation sein. Auch für diese Fälle wurde die erwähnte Initialtherapie durchgeführt. Nach der Achsbestimmung wurden die horizontale Gelenkbahn und die Bewegungsbahn des Mediotrusionskondyluses aufgezeichnet. Startpunkt der Spurschreibung war in beiden Fällen die, unter Verwendung eines die Okklusalfächen bedeckenden Löffels, resultierende Zentrik. Lückeraths Empfehlung folgend wurden die aufgezeichneten Spuren nur zur Artikulatorprogrammierung verwendet [79].

## 5.2. Instrumentelle Befunderhebung

### 5.2.1 Modellübertragung

Von jedem Patienten wurde ein Modellpaar aus Superhartgips hergestellt. Die Abformung erfolgte am gereinigten Gebiß mit Rim-Lock-Löffeln und Alginat. Gipsperlen und andere Veränderungen auf den Okklusalfächen der Modelle wurden vor dem Einartikulieren beseitigt. Die an der Unterseite gewässerten Modelle wurden mit dünn-sahnig angerührtem Artikulationsgips (Bon Arti; Expansion  $0,04 \mu\text{m}$ ) eingegipst. Zeigten sich Risse im Gips, wurde erneut mit Gips dünnerer Konsistenz verschlüsselt. Zur Vermeidung hoher Gipsmengen wurden raumüberbrückende Distanzsockel verwendet (Abbildung 13). Mit einer Meßuhr wurde vor dem Eingipsen die größte Dicke des Zentrikregistrates ermittelt (Abbildung 14) und der Inzisalstift um das Doppelte des Betrages ausgezogen. Diese vertikale Reserve verhindert, daß beim Schließen des Artikulators nach Entnahme des Registrates der Inzisalstift zum Anschlag kommt und bis zum Erreichen des ersten Kontaktes herausgenommen werden muß. Weiterhin ermöglicht das Erhöhen die Zentrik mit 0 mm zum Ausgangspunkt von Messungen für Vertikalveränderungen am Inzisalstift zu machen.



**Abb. 13:** Raumüberbrückende Distanzsockel [30].

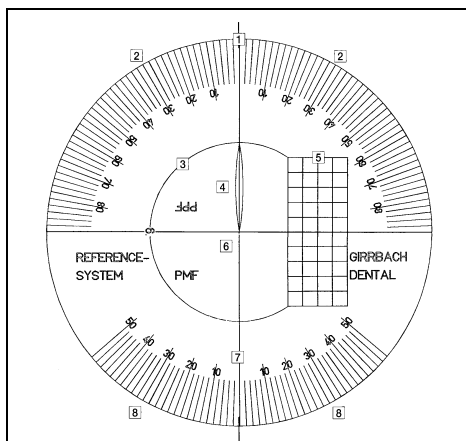


**Abb. 14:** Dickenmessung des Registrats [118].

### 5.2.2. Montage und Artikulatorprogrammierung

Die Auswahl der Einsätze für die Gelenkboxen des Artikulators erfolgte nach direkter Auswertung der Spuren mit einem Lupenlineal (Abbildung 15). Umrechnungsschritte, wie zum Beispiel beim SAM-System notwendig, entfielen. Räumliche und technische Voraussetzungen zur Artikulatorprogrammierung direkt nach Werten gelenknäher Auf-

zeichnungen wurden zuvor von Seib beschrieben [120]. Klett untersuchte in einem mathematischen Modell den Einfluß von Immediate side shift, Abstand des Aufzeichnungsortes vom Kondylus und Interkondylarabstand auf den Bennettwinkel [59]. Die ermittelten Werte für den Bennettwinkel waren stark vom Ausmaß der initialen Translation und dem Abstand Aufzeichnungsort - Kondylus abhängig. Die Aufzeichnung der HKN ist mit weniger Fehlermöglichkeiten behaftet. Durch eine Markierung am Achsstift des Aufzeichnungsbogens wird für beide Seiten der gleiche Abstand des Aufzeichnungsortes vom Kondylus vorgegeben. Ein Immediate side shift wurde nur bei zwei Gelenken registriert. Die Kondylarbahnneigung wurde über das gedachte Anlegen einer Sekante vom Startpunkt bis zum Ende der Spur ermittelt. Der Schnittpunkt dieser Linie mit der Bezugsebene ergab den Neigungswinkel. Die Krümmungsform der Spur wurde abgeschätzt und der am nächsten liegende Einsatz ausgewählt (Abbildung 16). Für die Mediotrusionsspur wurde gleichermaßen verfahren.



**Abb. 15:** Lupenlineal [30].



**Abb. 16:** Kondylareinsätze [30].

### **5.2.3. Prüfung der Okklusion an montierten Modellen**

Nach Markierung der Kontakte in statischer und dynamischer Okklusion wurden diese im Okklusogramm (siehe Anhang) eingezeichnet und addiert. Kontakte der Modelloklusion wurden mit Okklusionsfolie (Hanel<sup>®</sup>; 8  $\mu\text{m}$ ) markiert. Bei undeutlichem Zeichungsverhalten wurde mit andersfarbiger Okklusionsseide (Hanel<sup>®</sup>; 80  $\mu\text{m}$ ) nachmarkiert. Die Entscheidung zur Verwendung der Okklusionsfolie ergab sich aus der Tatsache, daß Patienteneinflüsse wie Speichel, Weichteile und glatte Oberflächen bei der Modelloklusion fehlen und die Markierung sicherer wird [100]. Durch den Aufprall der Gipszähne beim Artikulatorschluß kommt es zu einer Impulsbelastung der Folie, die den Abfärbevorgang sichert. Reiber wies nach, daß Folien bei impulsfreier Belastung schlechter markieren als Papier. Die geringe Stärke und erhöhte Flexibilität des Trägermaterials sowie die punktgenaue Farbablösung machen die Folien für die Analyse der Modelloklusion brauchbarer als andere Okklusionsindikatoren [101]. Durch stärkeres Aufschlagen der Gipszähne kommt es zu einer vermehrten Auspressung von Farbstoff aus Papier oder Seide und zur flächigen Markierung und Darstellung von Pseudokontakten [100]. Bei Vorkontakten und Gleitbewegungen können Bewegungen abgepuffert werden und damit impulsfreie Belastungen auftreten. In diesen Fällen wurde die hier genauer zeichnende Seide verwendet.

### **5.2.4. Erfassung okklusaler Befunde und Veränderungen kieferorthopädischer Leitsymptome**

Da okklusale Störungen selten isoliert vorkommen, wurden in dieser Untersuchung Störungen, die häufig kombiniert miteinander auftreten, zu Befundkomplexen zusammengefaßt. Seligmann und Pullinger konnten in einer multifaktoriellen Analyse nachweisen, daß isolierte okklusale Befunde nicht kennzeichnend für das Bestehen einer craniomandibulären Funktionsstörung sind [119]. Für Patienten ohne funktionelle Störungen ermittelten diese Autoren einen geringeren Abrasionsgrad, einen größeren Überbiß, eine geringere sagittale Schneidekantenstufe oder kleinere Gleitwege von Zentrik zu HIKP. In der multiplen Datenanalyse konnten für Kombinationen okklusaler Befunde keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gefunden werden [119]. Weil die Unterscheidung nach okklusalen Befundkombinationen statistisch unbedeutend

und die Unterteilung nach isolierten okklusalen Befunden in unübersichtbar viele Gruppen aufspaltet, wurde das Patientengut nach der klinischen Diagnose eingeteilt. Die Tabelle 2 führt drei Befundkomplexe auf, die nach ansteigendem Schwierigkeitsgrad in der Diagnostik und zunehmender funktioneller Belastung geord-

	Okklusale Befunde	Diagnostik	Funktionelle Auswirkung
Gruppe A	Interferenzen (Vorkontakte und Gleithindernisse)	im Munde mög- lich, Sicherheit durch Montage	Befunde an Zähnen und Zahnhalteapparat, behinderte Funktionsbewegungen
Gruppe B	Interferenzen und insuffiziente anteriore Führung	Sicherheit ausschließlich nach Montage	Einnahme exzentrischer Kontaktpositionen möglich, Auslösung von Remodellie- rungsvorgängen
Gruppe C	Interferenzen, insuffiziente ante- riore Führung und Zentrik-/HIKP- Diskrepanzen	Sicherheit ausschließlich nach Montage	dauernde Über- oder Fehlbelastung arthrogener Strukturen, Formverände- rungen (dif) sind röntgenolo- gisch nachweisbar

**Tab. 2:** Erfassung okklusaler Störungen in drei Befundkomplexen.

net sind. Die Gruppe A wurde aufgrund der klinischen Beobachtung formuliert, daß Vorkontakte und Gleithindernisse, auch bei wirksamer anteriorer Führung, Erscheinungen in jedem Gebiß sind. Die Gruppe B beinhaltet zusätzlich die fehlende Front-/Eckzahnführung. Die Disklusion der Seitenzähne verläuft in diesen Fällen ausschließlich durch die Gelenkführung. Dies bedeutet erstens eine Überlastung der Strukturen und zweitens, bei geringer Steilheit der Gelenkführung, unvollständige Disklusion der Seitenzähne. In der Gruppe C kommt zu den beschriebenen Mechanismen die Belastung der arthrogenen Strukturen durch Kondylenverlagerung in habitueller Interkuspidation. Dafür ursächliche Diskrepanzen zwischen Zentrik und HIKP können auch isoliert auftreten. Die Zusammenstellung der Befundkomplexe erfolgte nach dem Studium der Modellokkklusion von Patienten mit funktionellen Beschwerden aus der täglichen Praxis.

Um Abweichungen einer konkreten Okklusion von einer idealen Okklusion registrieren zu können, muß diese definiert werden. Grundsätzlich ist dabei die Forderung nach Stabilität in Zentrik und Interferenzfreiheit in Exzentrik. Folgende Punkte charakterisieren den in dieser Arbeit verwendeten Begriff „ideale Okklusion“:

1. keine zentrischen Vorkontakte
2. symmetrische Gleitwege von Zentrik in HIKP
3. interferenzfreie front- und/oder eckzahngeführte Exzentrik

Die Erfassung okklusaler Befunde (Vorkontakte, Gleithindernisse, Wirksamkeit der anterioren Führungselemente) wurde nach den Maßgaben für die instrumentelle Okklusionsanalyse durchgeführt [61, 72]. Um die Markierung okklusaler Kontakte sicher und ohne Beschädigung der Modelle durchzuführen, wurde ausschließlich die Gewichtskraft des Artikulatoroberteils mit dem befestigten Modell genutzt. Der Erhalt des ersten Kontakts nach Entnahme des Registrats wurde über die Feststellung des Inzisalstiftes abgesichert. Bei der Prüfung mit verriegeltem Zentrikschloß wurde das Artikulatoroberteil weniger als 1 cm angehoben. Bei Prüfung mit geöffnetem Zentrikschloß dienten Masse und Exkursion des Artikulatoroberteils zur Kraftausübung. Die klinisch beim Klappertest erreichten Kaukräfte von weniger als 10 N können bei einem durchschnittlichen Gewicht des Artikulatoroberteils mit Modell von 350 g und der beschriebenen Aufprallhöhe annähernd reproduziert werden [100].

Die Wirksamkeit der anterioren Führungselemente (Front-/Eckzahnführung) wurde für jede Seite studiert und in das Okklusogramm eingezeichnet. Die Veränderungen der Modellposition von Zentrik zu HIKP wurden gemessen. Ein Mandibular- oder Condylarposition-Indikator wurde nicht verwendet. Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen wurden in drei Richtungen analysiert:

1. vertikal: Inzisalstiftsdifferenzen größer 2 mm
2. sagittal: Verschiebung einer vom Oberkiefermodell auf das Unterkiefermodell übertragenen Linie; getrennt für jede Seite, erfaßt mit Tastzirkel
3. transversal: Seitenabweichung einer vom Oberkiefermodell auf das Unterkiefermodell übertragenen Linie; getrennt für jede Seite, erfaßt mit Tastzirkel

Auf die Messung der sagittalen Schneidekantenstufe wurde verzichtet, weil durch die veränderte Okklusionsbeziehung die Vertikaldimension vergrößert und eine zusätzliche Dorsalverlagerung vorgetäuscht wird. In der Vertikalen wurde 2 mm als Grenze festgelegt, weil bei Diskrepanzen dieser Größenordnung signifikante EMG-Veränderungen in mehreren Untersuchungen gefunden wurden [2, 19, 40, 41]. Für die horizontalen Kom-



ponenten wurde jede Veränderung registriert, weil hier auch für sofortigen Versatz die oben beschriebenen Aktivitätsunterschiede der Muskulatur gefunden wurden. Der Einfluß von Richtung und Ausmaß der Diskrepanzen auf gelenkbildende Strukturen ist in der Literatur mehr durch Theorien als durch Untersuchungen beschrieben (condyläre Verlagerung, Kompression/Distraktion). Agerberg und Sandström weisen darauf hin, daß sich mit zunehmenden Lebensalter die Gleitwege vergrößern [2]. Die sich aus einem Vorliegen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen zwangsläufig ergebenden Veränderungen von Überbiß, sagittaler Schneidekantenstufe und Mittellinie ändern die Ausprägung kieferorthopädischer *Leitsymptome*. Diese auf Klink-Heckmann zurückgehende Beschreibung der Dysgnathien teilt in metrisch erfaßbare Morphologiekriterien ohne Berücksichtigung von Ätiologie, Pathogenese und Spielarten ein [60]. Für die Methodik der Arbeit wurde diese Einteilung der Dysgnathien gewählt, weil Veränderungen der Ausprägung eines vorhandenen Leitsymptoms beim Vorliegen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen gemessen werden konnten. Veränderungen von vier Leitsymptomen wurden nach ihrer Tendenz (Vergrößerung, Übereinstimmung, Verkleinerung) analysiert:

1. vergrößerte sagittale Schneidekantenstufe
2. unterer Frontzahnvorbiß
3. laterale Okklusionsstörung
4. offener Biss

Die nachfolgenden fünf Leitsymptome werden in Ihrer Ausprägung durch Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen nicht verändert:

1. Platzüberschuß
2. Platzmangel
3. steil oder invertiert stehende Schneidezähne
4. fehlerhafte Zahnzahl
5. falsch verzahnte Einzelzähne

Bei diesen Leitsymptomen kommt es jedoch durch Fehlstellungen einzelner Zähne zur Okklusionsstörung und Ausbildung einer Zentrik-/HIKP-Diskrepanz. In diesen Fällen wurde nicht die Veränderung des Leitsymptoms, sondern die durch das Leitsymptom verursachte Veränderung gemessen. Besondere Bedeutung als Okklusionsstörung kommt dabei den Leitsymptomen „Platzmangel“ und „falsch verzahnte Einzelzähne“ zu. Platzmangel geht mit der Rotation von Zähnen einher. Falsch verzahnte Einzelzähne

können gekippt oder in Höcker-Höcker-Position verzahnt sein. Die voran genannten Fehlstellungen stören die statische und dynamische Okklusion.

Vertikale Veränderungen wurden durch die Stützstiftdifferenz erfasst. Der für die Funktionsabläufe wichtige Problemkreis *tiefer Biß/tiefer Überbiß* kann im Artikulator nicht beurteilt werden. Bedingt durch die freie Rotation der Artikulatorgelenke nach Entnahme des Registrates kann der Interokkluslabstand nicht wiedergegeben werden. Der Interokkluslabstand ist nur am Patienten nach Einnahme der Ruheschwebe oder während der S-Lautbildung ermittelbar. Diagnostik des tiefen Überbisses ist an der Modellokkklusion möglich. Die Inzisalstiftdifferenz erfasst das Ausmaß der vertikalen Lageänderung zwischen Okklusion nach Entnahme des Registrates und der habituellen Interkuspidation. Dieser Bereich liegt innerhalb der Distanz zwischen HIKP und Interokkluslabstand bei Einnahme der Ruheschwebe bzw. S-Lautbildung.

### **5.3. Statistik**

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte durch Angabe absoluter Zahlen oder Prozentsätze. Die Ausführung statistischer Tests wurde mit dem Computerprogramm SPSS 8.01. für Windows® durchgeführt. Die Testung der Ergebnisse auf Normalverteilung erfolgte mit dem Chi-Quadrat-Anpassungstest. Um die Unterschiedlichkeit zweier Datenreihen hinsichtlich mehrerer Merkmale zu untersuchen, wurde ein Rangtest (U-Test nach Wilcoxon, Mann und Whitney) durchgeführt. Hierbei wurde die Gleichheit der Mittelwerte eines Merkmals in den zwei Gruppen geprüft. Die genannten nichtparametrischen Testverfahren prüfen lediglich, ob die Datenreihen derselben Grundgesamtheit entstammen. Die Richtung einer Abweichung muß aus dem konkreten Zahlenmaterial, z. B. den Mittelwerten abgeschätzt werden [13]. Im Falle des U-Tests können, bei signifikantem Unterschied, die Mediane der Gruppenvariablen sogar identisch sein [13]. Nichtparametrische Tests haben eine geringere Fähigkeit zum Aufdecken von Abweichungen als parametrische Verfahren [131]. Die Stichprobenumfänge waren bei allen Untersuchungen kleiner als  $n = 50$ , deshalb haben die Ergebnisse lediglich Trendcharakter.

## **6. Ergebnisse**

### **6.1. Ergebnisse der klinischen Befunderhebung**

#### **6.1.1. Allgemeine Daten des Patientengutes und Basisdiagnosen**

Das Durchschnittsalter der Patienten liegt bei 29,7 Jahren. Der jüngste Teilnehmer ist 19, der älteste Patient 42 Jahre alt. 37 weibliche und 18 männliche Patienten nahmen teil. Die Verteilung der Basisdiagnosen bezüglich des Geschlechts ist in der Tabelle 3 dargestellt. Die arthrogene Funktionsstörung dominiert in beiden Gruppen. In den Tabellen 4 und 5 ist das Auftreten subjektiver Beschwerden im Zusammenhang mit Geschlecht und Basisdiagnose dargestellt. Schmerz ist demnach ein wesentliches Merkmal der myogenen Funktionsstörung. Arthrogene Funktionsstörungen können beschwerdefrei ablaufen. Frauen und Männer unterscheiden sich unwesentlich in den Beschwerdeangaben. Diagnostisch wichtige Allgemeinerkrankungen, Traumata oder orthopädische Behandlungen geben vier Patienten an. Hierbei werden für die arthrogene Gruppe je zwei Fälle mit Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises und eine traumatische Vorschädigung registriert. In der myogenen Gruppe wird ein Fall unter Dauerbehandlung mit Immunsuppressiva ermittelt.

Alle Basisdiagnosen wurden im Patientengut gefunden. Lediglich vier Patienten haben bei der Erstuntersuchung keine geweblichen Befunde einer funktionellen Störung. Darunter befindet sich ein Fall mit psychisch/neurogener Funktionsstörung. Bis auf diesen Fall durchlaufen alle Patienten eine Initialtherapie. Die Verteilung der Basisdiagnosen ist in der Abbildung 17 dargestellt. Die arthrogene Gruppe stellt mit 73 % der Patienten die mit Abstand größte Gruppe dar. Auch im Ergebnis der klinischen Untersuchung in dieser Studie muß festgestellt werden, daß isolierte arthrogene oder muskuläre Funktionsstörungen die Ausnahme bilden. Die Mehrzahl der Fälle zeigt Nebenfunde anderer funktioneller Störungen. Dies wird auch in früheren Untersuchungen beobachtet [23, 43]. Für die Zuordnung der Basisdiagnose ist der Schweregrad des klinischen Bildes und die Anzahl der Einzelbefunde aus der manuellen Funktionsanalyse entscheidend. Wird beispielsweise eine Diskusverlagerung diagnostiziert und liegen dabei Isometriebefunde der kontralateralen Muskulatur vor, so lautet die Basisdiagnose „arthrogen“. Eine weitere Aufspaltung der Daten in Form von diagnostischen Untergruppen macht

die statistische Verwertung unmöglich. Für therapeutische Fragestellungen ist dies jedoch unerlässlich. Folgende Differentialdiagnosen wurden festgestellt:

arthrogene Gruppe

1. Hypermobilität (n = 11; 20 %)
2. Knacken des Ligamentum laterale (n = 8; 14 %)
3. Kapsulitis (n = 9; 16 %)
4. Diskusverlagerung (n = 12; 22 %)
5. degenerative Schäden (n = 2; 4 %)

myogene Gruppe

1. Hartspann (n = 8; 14 %)
2. Myogelose (n = 4; 7 %)
3. Tendomyopathie (n = 3; 5 %)

Aus dem ermittelten Auftreten der Basisdiagnosen und dem Vorliegen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen wird das Untersuchungsgut gruppiert (Tabelle 6). In die statistische Bearbeitung wird die Gruppe „ohne geweblichen Befund einer funktionellen Störung“ aufgrund ihres geringen Umfangs nicht mit einbezogen. Das ermittelte Datenmaterial ist nicht normalverteilt (Chi-Quadrat-Test) und teilweise nominalskaliert. Aus diesen Gründen werden nichtparametrische Testverfahren bei der statistischen Bearbeitung verwendet.

	Arthrogen	myogen	ohne geweblichen Befund
<b>männlich</b> (n = 18)	13 (72 %)	5 (28 %)	0
<b>weiblich</b> (n = 37)	27 (73 %)	6 (16 %)	4 (11 %)

**Tab. 3:** Geschlechterverteilung der Basisdiagnosen.

	subjektive Befunde	ohne Beschwerden
<b>männlich</b> (n = 18)	11 (61 %)	7 (39 %)
<b>weiblich</b> (n = 37)	23 (62 %)	14 (38 %)

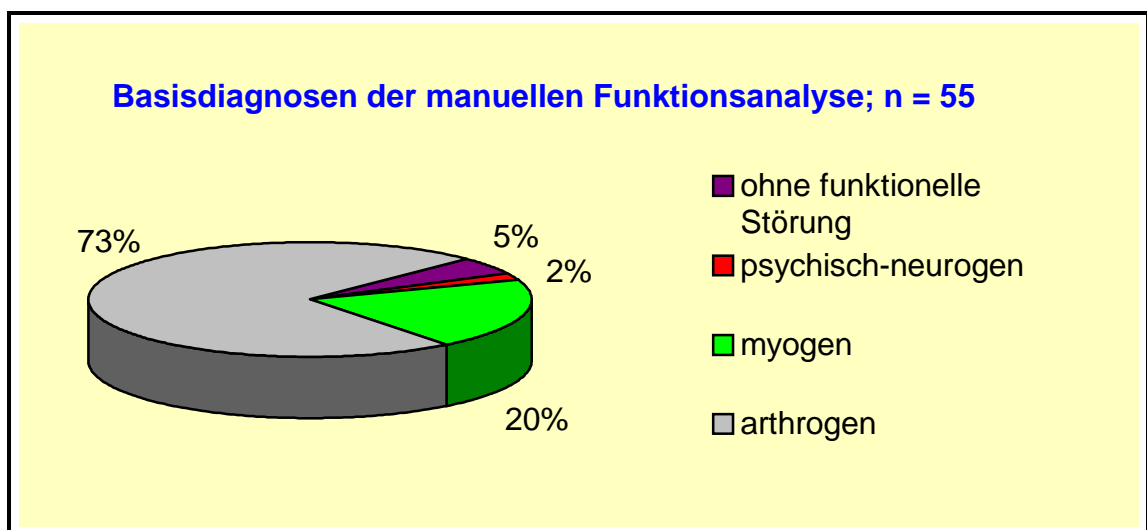
**Tab. 4:** Geschlechterverteilung und Beschwerdeangaben.

	Subjektive Befunde	ohne Beschwerden
<b>arthrogen</b> (n = 40)	26 (65 %)	14 (35 %)
<b>myogen</b> (n = 11)	11 (100 %)	0

**Tab. 5:** Basisdiagnosen und Beschwerdeangaben.

<b>Gruppierung nach dem klinischen Befund</b>	ohne geweblichen Befund 4 (7 %)	arthrogen 40 (73 %)	myogen 11 (20 %)
<b>Gruppierung nach dem Auftreten von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen</b>	ohne Diskrepanz 13 (24 %)	Diskrepanz (en) 42 (76 %)	

**Tab. 6:** Gruppierung des Patientengutes (n = 55) nach klinischen und instrumentellen Befunden. Angabe der absoluten Zahlen und prozentualen Anteile in der jeweiligen Gruppe.



**Abb. 17:** Basisdiagnosen des Untersuchungsgutes.

### 6.1.2. Auffälligkeiten bei Zentrikbestimmung und Spurschreibung

In zwei Fällen konnte ein Immediate side shift pantographisch dargestellt werden. In der Vermessung mit dem Lupenlineal ergaben sich dafür Werte unter 1,5 mm. Damit war eine Darstellungsmöglichkeit mit dem entsprechenden Einsatz des Artex®-Reference-

Systems möglich. Mehrfach wurden negative Bennettwinkel registriert. Da negative Bennettwinkel anatomisch-strukturell am gesunden Gelenk nicht auftreten können, wurden diese Ergebnisse als Projektionsfehler angesehen und verworfen. Es erfolgte eine erneute Spurschreibung. Bei Patienten mit Diskusverlagerung können negative Werte in der Spurschreibung auftreten [66]. In diesen Fällen wurde die Spur der Gegenseite zur Auswertung herangezogen.

## **6.2. Ergebnisse der instrumentellen Befunderhebung**

### **6.2.1. Befunde der statischen Okklusion**

Die ermittelten Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen der 55 Patienten sind in der Abbildung 18 dargestellt. Dabei fällt die Häufung von Fällen mit Diskrepanz(en) in der arthrogenen Gruppe auf. Bei 24 % (n = 13) der untersuchten Patienten war die Modellokklusion in zentraler Relation kongruent mit der habituellen Interkuspitationsposition. In 30 % (n = 16) der Fälle wich die Unterkieferposition in einer Raumebene ab. Bei 46 % (n = 25) der Fälle traten Diskrepanzen in zwei oder allen drei Ebenen des Raumes auf. Mit zusammengekommen 76 % stellt die Gruppe mit Diskrepanz(en) ähnlich zu anderen Untersuchungen mehr als zwei Drittel der Fälle [2, 19]. Die Verteilung der Diskrepanzen in den Gruppen der Basisdiagnosen zeigt die Tabelle 7.

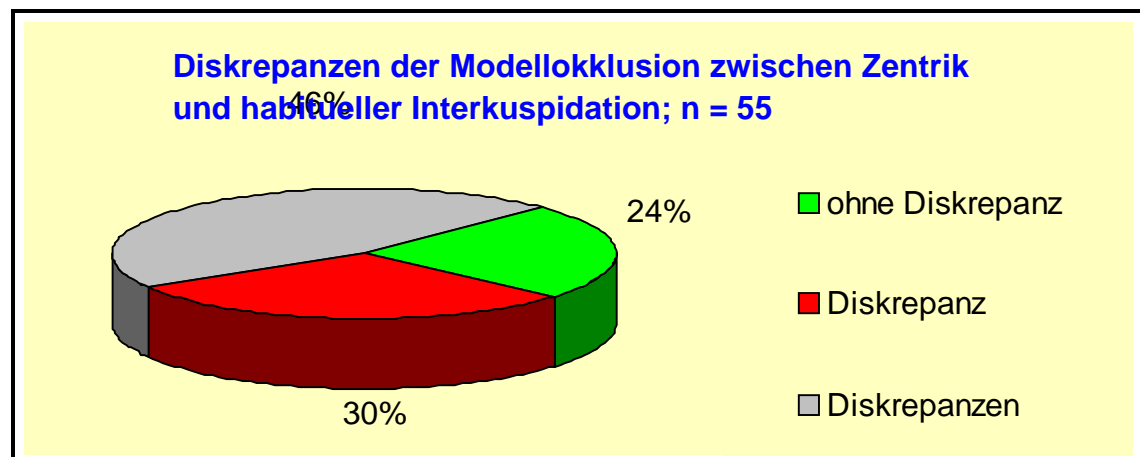
Zentrische Vorkontakte sind als Mittelwert der registrierten Kontakte in der jeweiligen Gruppe angegeben. In den Tabellen 8 und 9 sind okklusale Befunde der Gruppen statistisch untersucht. Weder in der Unterteilung nach dem klinischen Befund noch in der Gruppierung nach vorliegenden Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. In allen Gruppen traten durchschnittlich mindestens zwei Vorkontakte auf. Ähnliche Ergebnisse werden auch für gesunde, symptomlose Patienten mit harmonischen Okklusionsverhältnissen gefunden.

Über die Lokalisation der Vorkontakte und die resultierenden Abgleitrichtungen geben die Tabellen 10 bis 14 und die Abbildungen 19 bis 23 Auskunft. Dabei ergibt sich ein signifikanter Unterschied in der Belastung der C-Kontakte zwischen Praemolaren und Molarensegmenten. Von den drei untersuchten Zahnsegmenten (Schneide-, Eck- und Seitenzähne) waren die Seitenzahnsegmente in allen Gruppen am stärksten mit zentrischen Vorkontakten belastet. Die Abgleitrichtung kennzeichnet die beiden großen

Gruppen der Basisdiagnose nicht näher. Es dominiert laterales Gleiten. Vorkontakte an Seitenzähnen kommen in allen drei registrierten Abgleitrichtungen am häufigsten vor. In den Abbildungen 24 bis 29 sind beispielhaft die Auswirkungen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen auf kieferorthopädische Befunde dargestellt.

	ohne Diskrepanz	Diskrepanz(en)
ohne geweblichen Befund	2 (50 %)	2 (50 %)
myogen	4 (36 %)	7 (64 %)
arthrogen	7 (17 %)	33 (83 %)

**Tab. 7:** Auftreten von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose. Angabe der absoluten Zahlen und prozentualen Anteile.



**Abb. 18:** Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen der 55 Patienten.

	Laterotrusion	Mediotrusion	Protrusion	Zentrik
arthrogen (n = 40)	$\bar{X} = 3,3$	$\bar{X} = 3,0$	$\bar{X} = 3,0$	$\bar{X} = 2,1$
myogen (n = 11)	$\bar{X} = 4,3$	$\bar{X} = 1,7$	$\bar{X} = 2,6$	$\bar{X} = 3,2$
Prüfgröße	$Z = -1,22$	$Z = -1,64$	$Z = -0,01$	$Z = -2,40$
Irrtumswahrscheinlichkeit	$p = 0,220$	$p = 0,090$	$p = 0,900$	$p = 0,016 *$

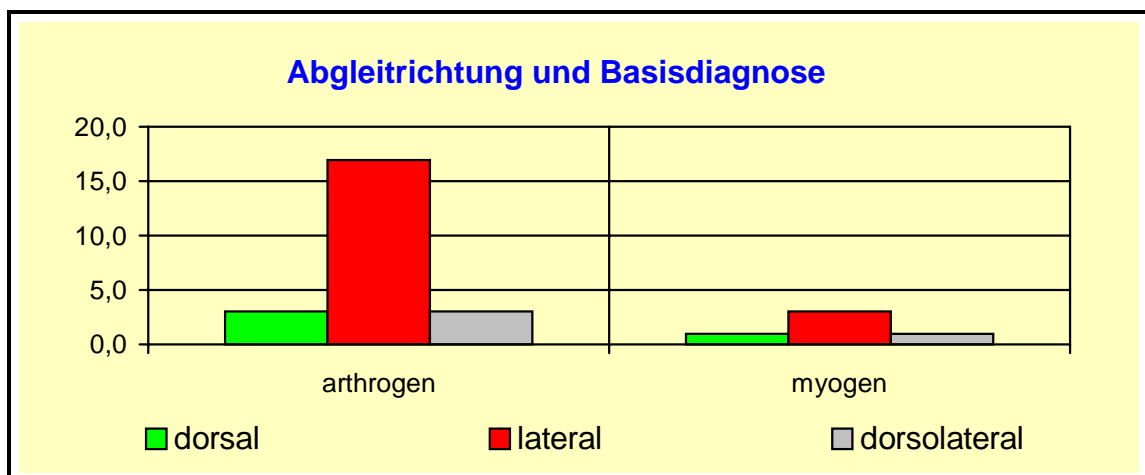
**Tab. 8:** Mittelwerte für Vorkontakte und Gleithindernisse in Beziehung zur Basisdiagnose. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.

	Laterotrusion	Mediotrusion	Protrusion	Zentrik
diskrepanzfrei (n = 14)	$\bar{X} = 2,2$	$\bar{X} = 1,3$	$\bar{X} = 1,3$	$\bar{X} = 2,9$
Diskrepanz(en) (n = 41)	$\bar{X} = 3,8$	$\bar{X} = 3,2$	$\bar{X} = 3,4$	$\bar{X} = 2,2$
Prüfgröße	$Z = -2,03$	$Z = -2,95$	$Z = -2,60$	$Z = -1,28$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	p = 0,040 *	p = 0,003 *	p = 0,009 **	p = 0,200

**Tab. 9:** Mittelwerte für zentrische Vorkontakte und Gleithindernisse in Bezug zu Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.

	dorsales Gleiten	laterales Gleiten	dorsolaterales Gleiten
arthrogen (n = 40)	n = 3	n = 17	n = 3
myogen (n = 11)	n = 1	n = 3	n = 1

**Tab. 10:** Abgleitrichtungen in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose.

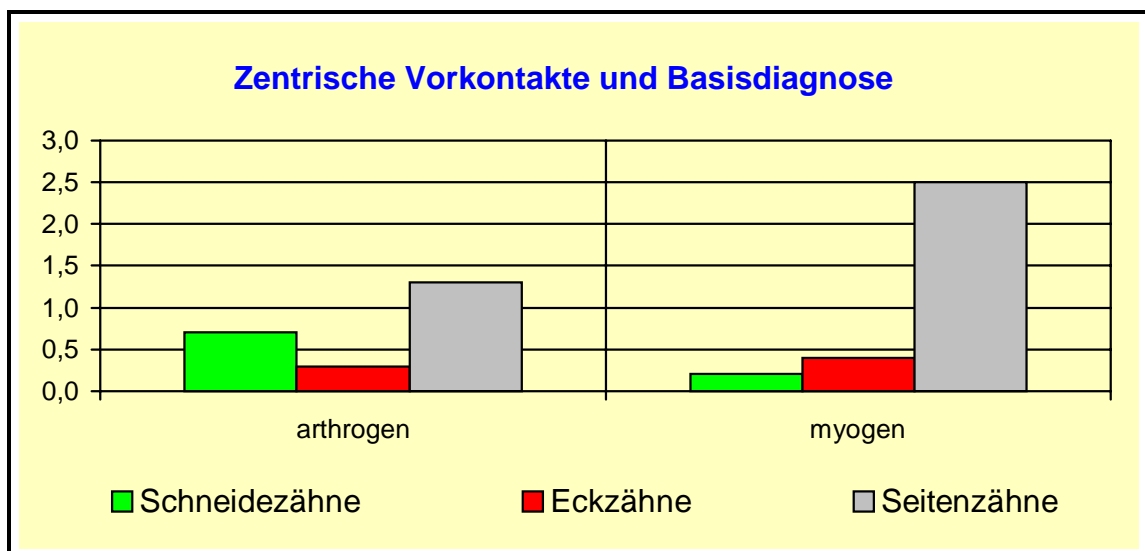


**Abb. 19:** Abgleitrichtungen in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose.



	Vorkontakte an Schneidezähnen	Vorkontakte an Eckzähnen	Vorkontakte an Seitenzähnen
<b>arthrogen</b> (n = 40)	$\bar{X} = 0,7$	$\bar{X} = 0,3$	$\bar{X} = 1,3$
<b>myogen</b> (n = 11)	$\bar{X} = 0,2$	$\bar{X} = 0,4$	$\bar{X} = 2,5$
Prüfgröße	$Z = -1,35$	$Z = -0,44$	$Z = -1,86$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	$p = 0,174$	$p = 0,655$	$p = 0,062$

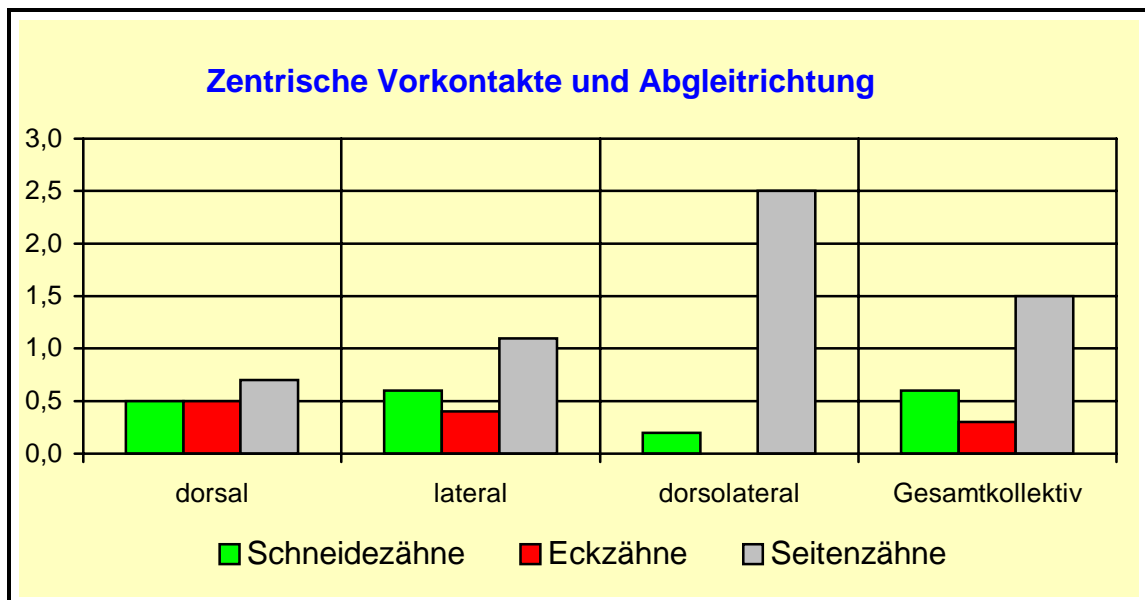
**Tab. 11:** Verteilung zentrischer Vorkontakte in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.



**Abb. 20:** Lokalisation zentrischer Vorkontakte in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose.

	Vorkontakte an Schneidezähnen	Vorkontakte an Eckzähnen	Vorkontakte an Seitenzähnen
dorsales Gleiten (n = 4)	$\bar{X} = 0,5$	$\bar{X} = 0,5$	$\bar{X} = 0,7$
laterales Gleiten (n = 22)	$\bar{X} = 0,6$	$\bar{X} = 0,4$	$\bar{X} = 1,1$
dorsolaterales Gleiten (n = 4)	$\bar{X} = 0,2$	$\bar{X} = 0$	$\bar{X} = 2,5$
Patienten gesamt (n = 55)	$\bar{X} = 0,6$	$\bar{X} = 0,3$	$\bar{X} = 1,5$

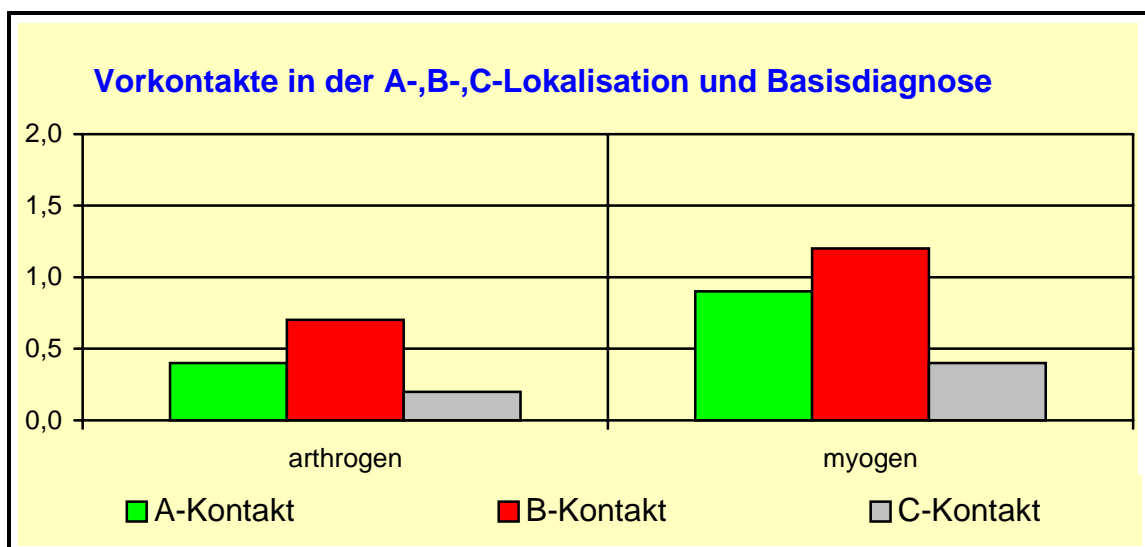
**Tab. 12:** Mittelwerte für zentrische Vorkontakte unterschiedlicher Lokalisation in Beziehung zur Abgleitrichtung.



**Abb. 21:** Lokalisation zentrischer Vorkontakte in Beziehung zur Abgleitrichtung.

	A-Kontakt belastet	B-Kontakt belastet	C-Kontakt belastet
arthrogen (n = 40)	$\bar{X} = 0,4$	$\bar{X} = 0,7$	$\bar{X} = 0,2$
myogen (n = 11)	$\bar{X} = 0,9$	$\bar{X} = 1,2$	$\bar{X} = 0,4$
Prüfgröße	$Z = - 1,42$	$Z = - 0,76$	$Z = - 1,45$
Irrtumswahrscheinlichkeit	$p = 0,153$	$p = 0,444$	$p = 0,145$

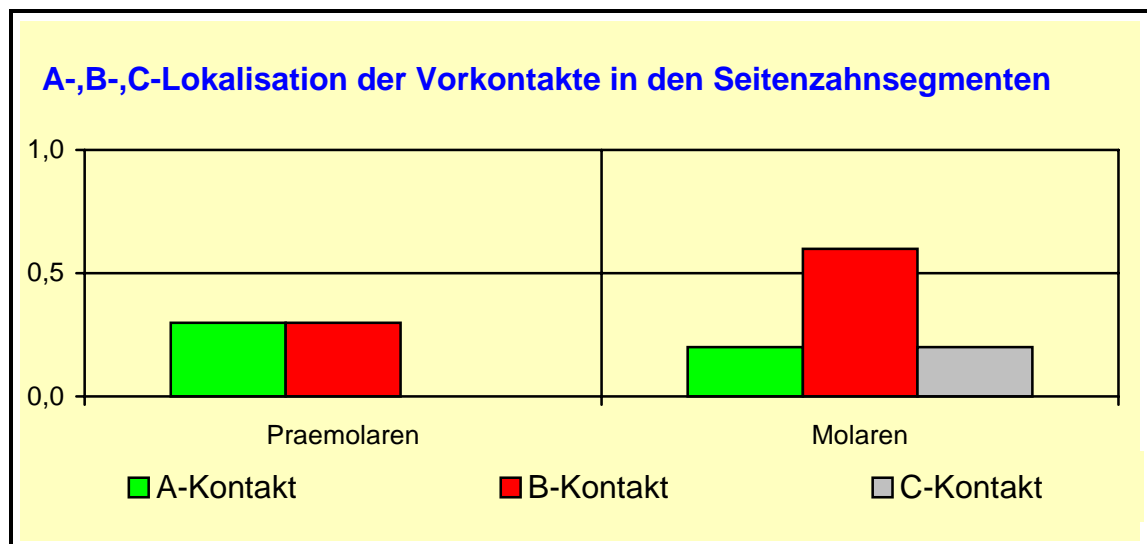
**Tab. 13:** Lokalisation zentrischer Vorkontakte in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.



**Abb. 22:** Vorkontakte im A-,B-,C-Schema in den großen Gruppen der Basisdiagnose.

	A-Kontakt belastet	B-Kontakt belastet	C-Kontakt belastet
<b>Praemolaren</b>	$\bar{X} = 0,3$	$\bar{X} = 0,3$	$\bar{X} = 0$
<b>Molaren</b>	$\bar{X} = 0,2$	$\bar{X} = 0,6$	$\bar{X} = 0,2$
Prüfgröße	$Z = -0,10$	$Z = -1,66$	$Z = -2,59$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	$p = 0,920$	$p = 0,096$	$p = 0,009^{**}$

**Tab. 14:** Lokalisation zentrischer Vorkontakte in Seitenzahnsegmenten. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.



**Abb. 23:** Verteilung der Vorkontakte in den Seitenzahnsegmenten.



**Abb. 24:** Darstellung der veränderten Okklusionsbeziehung im Seitenzahngebiet. Distalokklusion eine Prämolarenbreite in Zentrik (linkes Bild); Neutralokklusion in HIKP (rechtes Bild).



**Abb. 25:** Vergrößerung der sagittalen Schneidekantenstufe in Zentrik (links). Die Vertikaldimension ist ebenfalls verändert. Rechts die Situation in HIKP.



**Abb. 26:** Verringerung des unteren Frontzahnvorbisses in Zentrik (links). Die Vertikaldimension ist nur gering verändert. Im rechten Bild sind die Auswirkungen der Zwangsführung in HIKP zu sehen.



**Abb. 27:** Verstärkung des offenen Bisses in Zentrik (links). Auch horizontale Veränderungen sind gegenüber der HIKP (rechts) eingetreten.

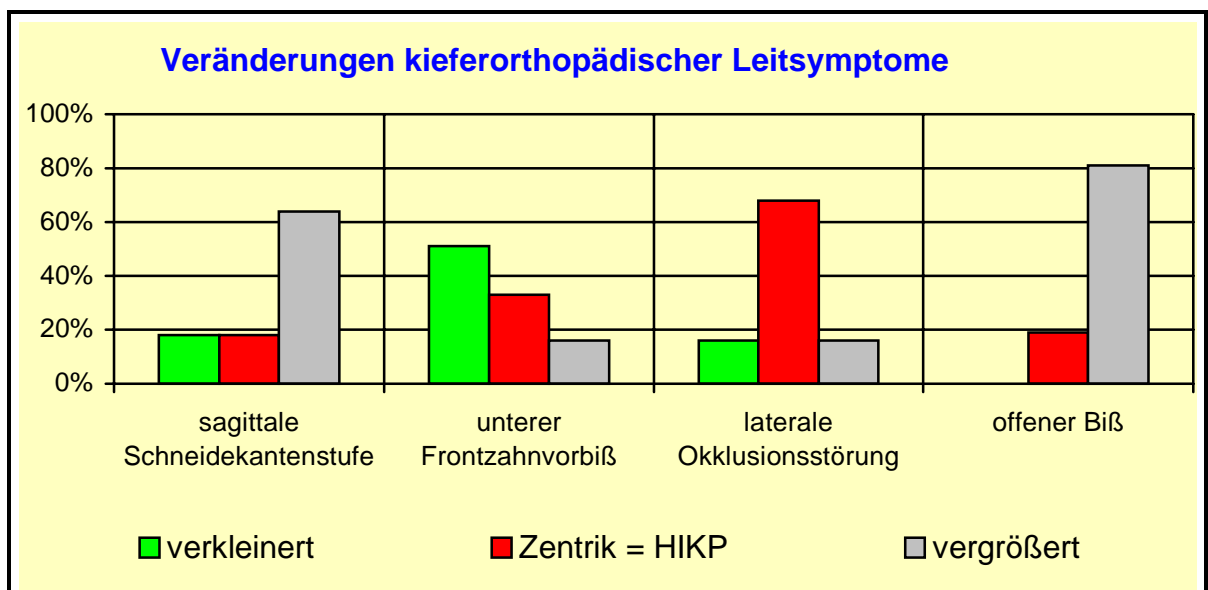


**Abb. 28:** Leitsymptom „steil/invertiert stehende Schneidezähne“. Im Vergleich zur Position in Zentrik (links) sind in HIKP (rechts) horizontale und vertikale Veränderungen zu sehen.

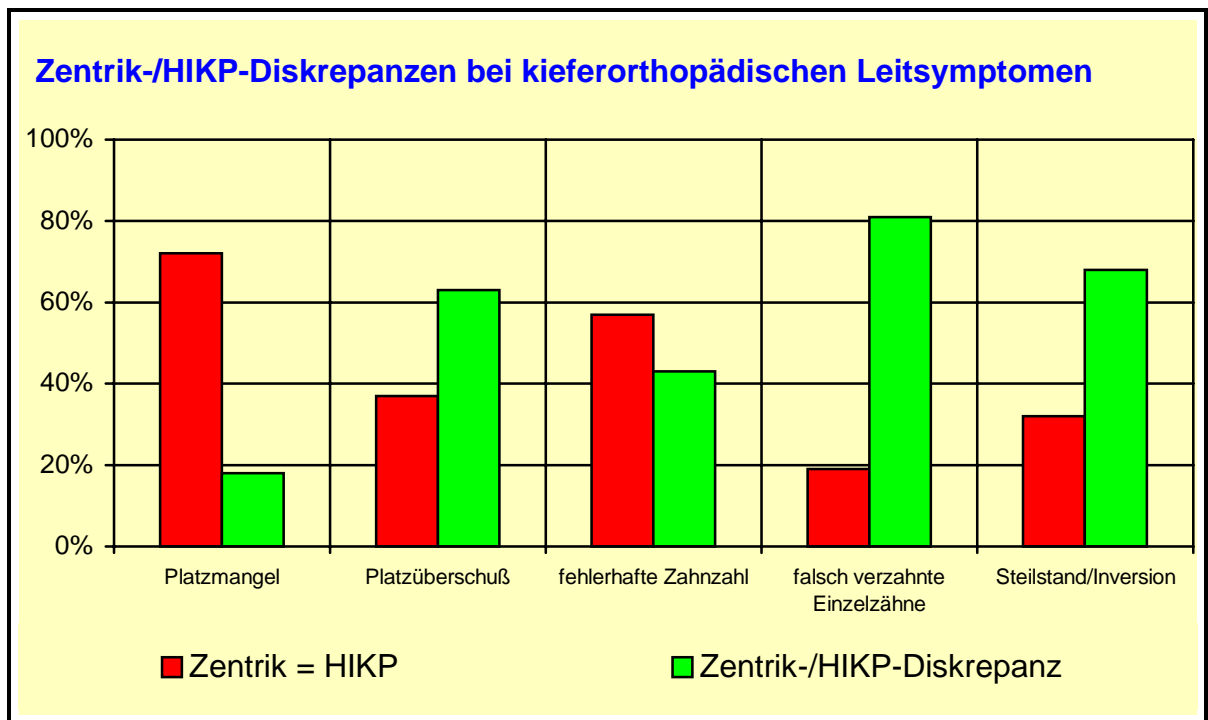


**Abb. 29:** Übereinstimmung der Mittellinien in Zentrik (links) und Abweichung um 2 mm nach links in HIKP (rechtes Bild).

Veränderungen der ausgewählten Leitsymptome beim Vorliegen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen sind stark ausgeprägt (Abbildung 30, 31). Bei sechs Leitsymptomen sind mehr als die Hälfte der Fälle mit Diskrepanzen behaftet. Das Leitsymptom „vergrößerte sagittale Schneidekantenstufe“ fällt besonders durch die Tendenz zur Vergrößerung der Stufe in Zentrik auf. Dies war auch klinisch bei Zentrik- und Achsbestimmung spürbar. Eine manuelle Positionierung des Unterkiefers nach dorsal war bei diesen Patienten gegen nur geringen Widerstand gut möglich und wurde daher in der klinischen Befunderhebung vermieden. Dieses Leitsymptom hat mit nur 18 % ohne Veränderung die geringste Konstanz der Ausprägung. Beim Leitsymptom „unterer Frontzahnvorbiß“ (8 Fälle) ist die Tendenz zur Verkleinerung der Ausprägung und damit wiederum der Dorsalpositionierung des Unterkiefers in Zentrik bemerkenswert. Durch die Ausschaltung aller Zahnführungen bei der Zentrikbestimmung werden auch bestehende Zwangsführungen aufgehoben und die ungezwungene Lage des Unterkiefer eingenommen. Da sich diese Position dorsal der zwangsgeführten Position befindet, ist die Tendenz zur Verkleinerung erklärlich. Bei skelettal bedingtem Auftreten des Leitsymptoms gilt dieser Zusammenhang jedoch nicht. Für die ausgeprägte Tendenz zur Vergrößerung der Ausprägung beim Leitsymptom „offener Biß“ (10 Fälle) ist ein stärkeres vertikales Klaffen durch zentrische Vorkontakte eine Erklärungsmöglichkeit. Für die Verteilung der Basisdiagnosen in den Gruppen der Leitsymptome konnten keine Korrelationen gefunden werden (Tabelle 15, 16).



**Abb. 30:** Auswirkungen der Diskrepanzen auf kieferorthopädische Leitsymptome.



**Abb. 31:** Kieferorthopädische Leitsymptome und Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen.

	vergrößerte sagittale Schneidekantenstufe (n = 24)	unterer Frontzahnvorbiß (n = 8)	laterale Okklusionsstörung (n = 16)	offener Biß (n = 10)
<b>arthrogen</b> (n = 40)	19	5	7	4
<b>myogen</b> (n = 11)	5	1	2	6

**Tab. 15:** Kieferorthopädische Leitsymptome und Basisdiagnosen.

	Platzmangel (n = 34)	Platzüberschuß (n = 13)	fehlerhafte Zahnzahl (n = 5)	falsch verzahnte Einzelzähne (n = 7)	steil/invertiert stehende Schneidezähne (n = 29)
<b>arthrogen</b> (n = 40)	9	11	0	5	24
<b>myogen</b> (n = 11)	11	0	1	1	17

**Tab. 16:** Kieferorthopädische Leitsymptome und Basisdiagnosen.

### 6.2.2. Befunde der dynamischen Okklusion

Auch bei den Befunden der dynamischen Okklusion werden die Mittelwerte für die jeweilige Gruppe errechnet und verglichen. Das Zahlenmaterial ist aus den Tabellen 8 und 9 ersichtlich. Die graphische Darstellung erfolgt in den Abbildungen 32 und 33. Signifikante Unterschiede zwischen arthrogener und myogener Gruppe treten nicht auf. Mit durchschnittlich je drei Gleithindernissen ist die arthrogene Gruppe homogen zusammengesetzt. Ähnliche Zahlen werden auch in anderen Untersuchungen gefunden [20, 48, 107]. Die myogene Gruppe ist uneinheitlich strukturiert.

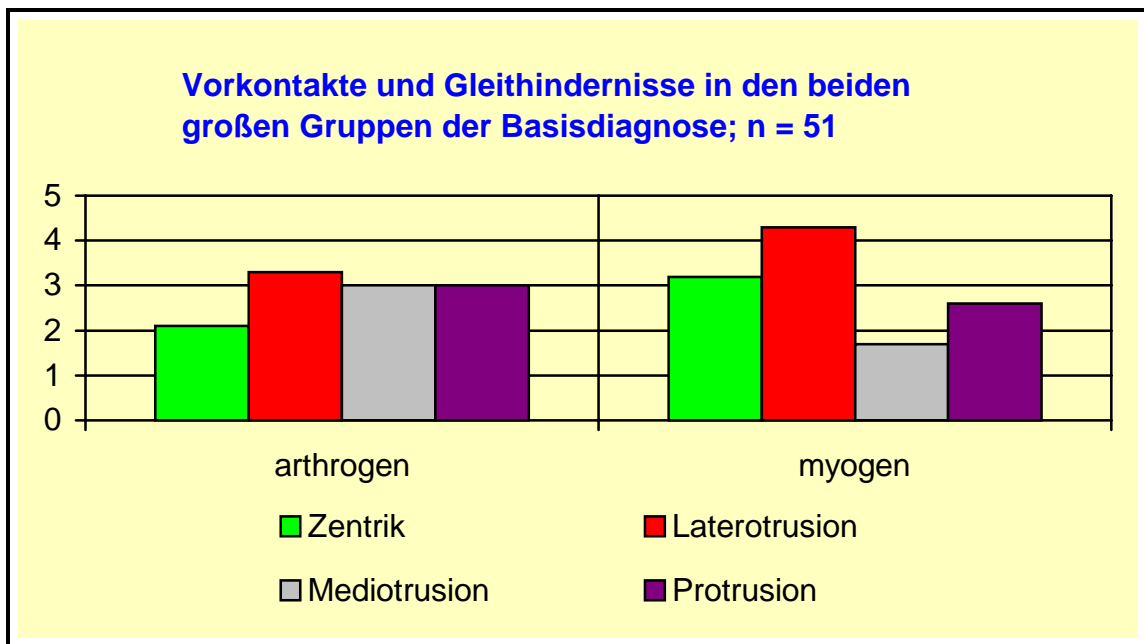
Die Mittelwerte für Befunde der dynamischen Okklusion in Bezug zum Auftreten von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen ergeben ein ungewöhnliches Bild (Tabelle 9). Signifikant höhere Mittelwerte in allen Befunden unterscheiden die Gruppe mit Diskrepanz(en) von der Gruppe ohne Abweichungen. Protrusionshindernisse werden mit durchschnittlich 3 bzw. 2,6 Interferenzen im Gebiß deutlich öfter registriert als in anderen Studien.

Die Tatsache, daß mehrere Interferenzen an einem Zahn bzw. in einem Segment zu finden sind, bestätigt auch das vorliegende Zahlenmaterial (Tabelle 17, Abbildung 34). Dabei sind die Molarensegmente mit Gleithindernissen in drei Richtungen und der Kombination mehrerer Interferenzen signifikant stärker belastet als die Praemolarensegmente.

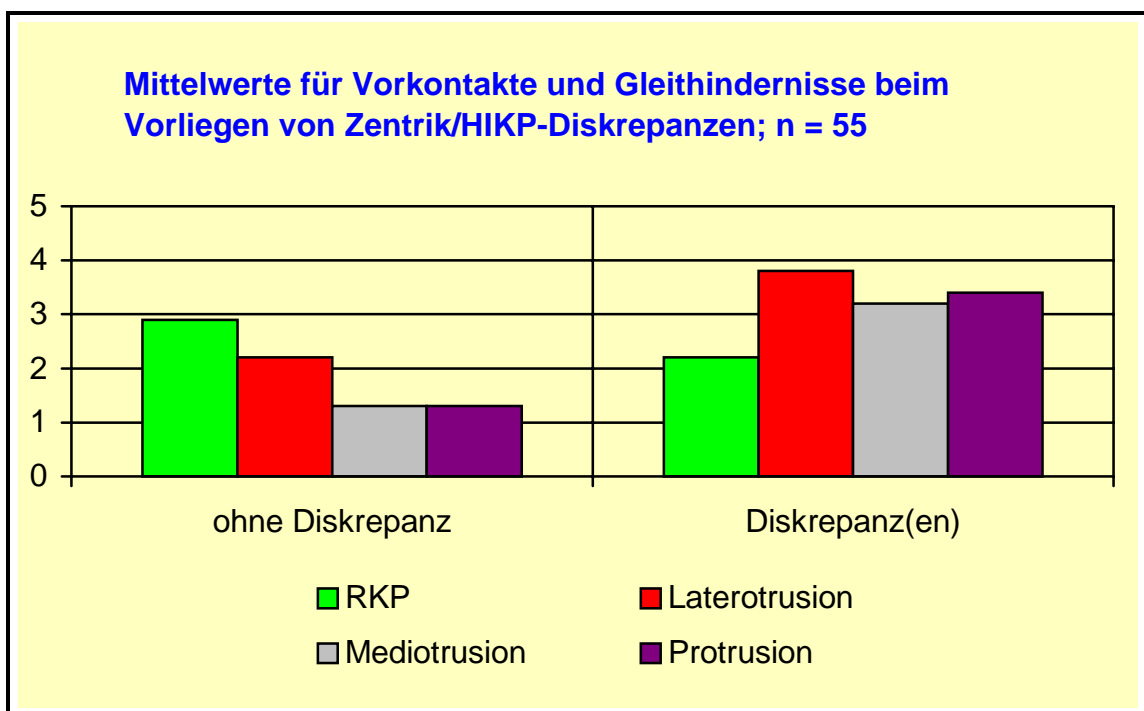
	Gleithindernisse in einer Bewe- gungsrichtung	Gleithindernisse in zwei Bewe- gungsrichtungen	Gleithindernisse in drei Bewe- gungsrichtungen	Vorkontakt(e) und Gleit- hinderniss(e)
Praemolarenseg- mente (n = 110)	$\bar{X} = 0,7$	$\bar{X} = 0,3$	$\bar{X} = 0,2$	$\bar{X} = 0,3$
Molarenseg- mente (n = 110)	$\bar{X} = 0,7$	$\bar{X} = 0,6$	$\bar{X} = 0,7$	$\bar{X} = 0,7$
Prüfgröße	$Z = -0,16$	$Z = -1,81$	$Z = -3,54$	$Z = -2,69$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	$P = 0,869$	$p = 0,069$	$p = 0,0002^{**}$	$p = 0,007^{**}$

**Tab. 17:** Summation der Interferenzen in den okkludierenden Seitenzahnsegmenten.  
Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.

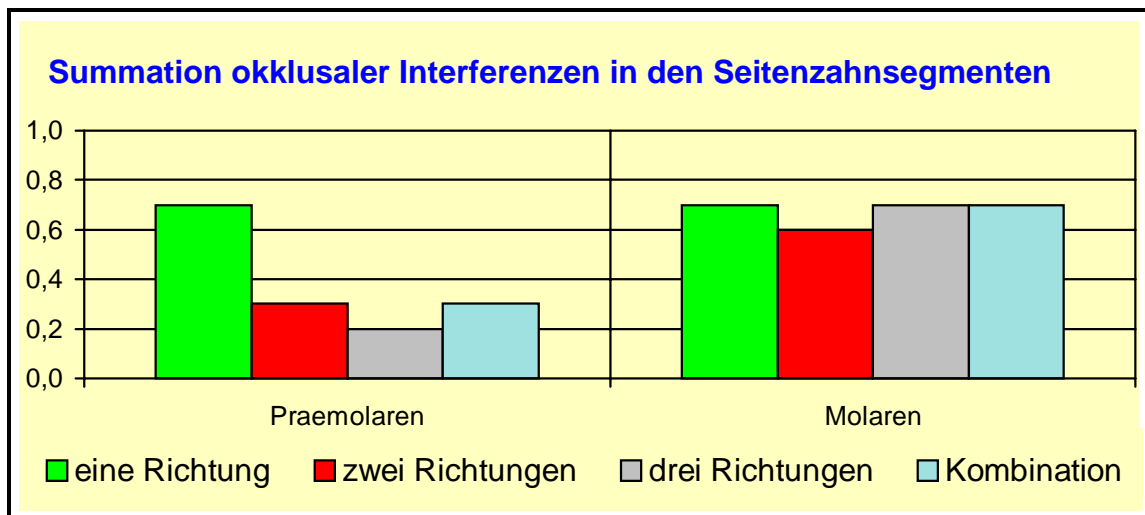




**Abb. 32:** Mittelwerte für Interferenzen in Bezug zur Basisdiagnose.



**Abb. 33:** Mittelwerte für Interferenzen in Bezug zu Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen.



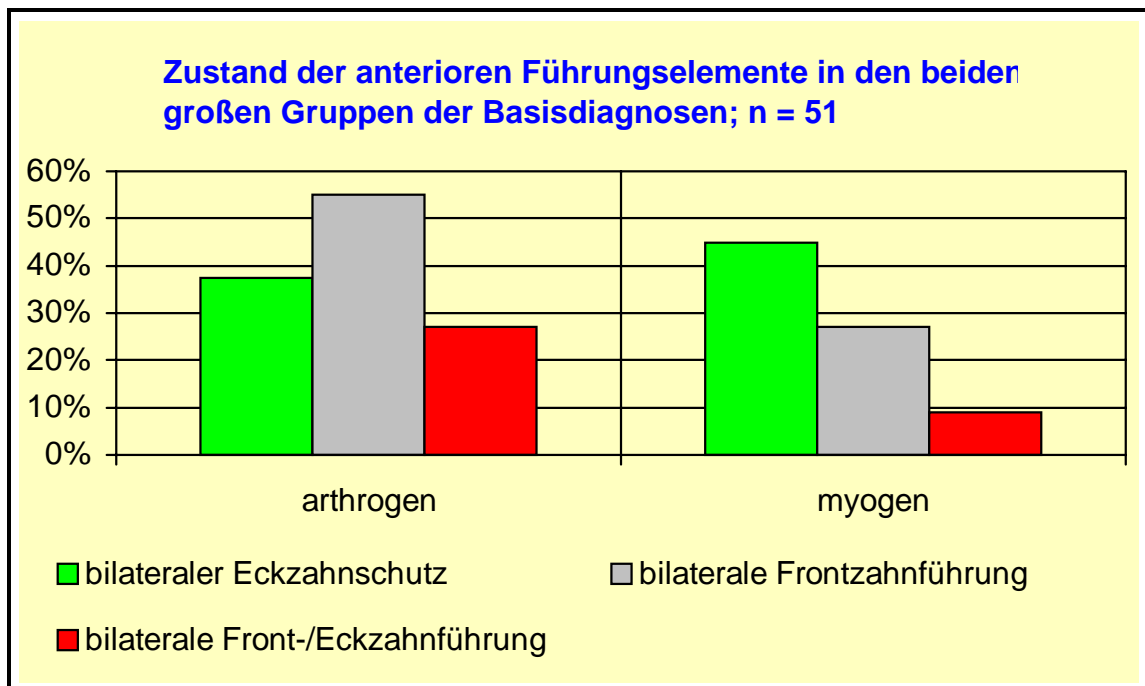
**Abb. 34:** Mehrfachbelastung durch Interferenzen in den Seitenzahnsegmenten.

### 6.2.3. Zustand der anterioren Führungselemente

Bilateraler Eckzahnschutz trat in den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose in weniger als 50 % der Fälle auf. Andere Untersuchungen weisen höhere Zahlen aus [1, 18, 48, 94, 107]. In diesen Untersuchungen wird der Eckzahnschutz als Ausnahme dargestellt. Das kann nicht bestätigt werden. Tabelle 18 zeigt die gefundenen Zahnführungen in der arthrogenen und myogenen Gruppe. Der Zustand der anterioren Führung ist in der Abbildung 35 dargestellt. Die funktionstüchtige bilaterale Front-/Eckzahnführung senkt, bezogen auf Fälle dieser Untersuchung, die Zahl der Gleithindernisse in dynamischer Okklusion ab. Die Gruppe ohne Front-/Eckzahnführung unterscheidet sich signifikant von der Gruppe mit funktionstüchtiger anteriorer Führung, wie es die Tabelle 19 und die Abbildung 36 ausweist.

	<b>bilateraler Eckzahnschutz</b>	<b>bilaterale Frontzahnführung</b>	<b>bilaterale Front-/Eckzahnführung</b>
arthrogen (n = 40)	15 (37 %)	22 (55 %)	13 (32 %)
myogen (n = 11)	5 (45 %)	3 (27 %)	2 (18 %)

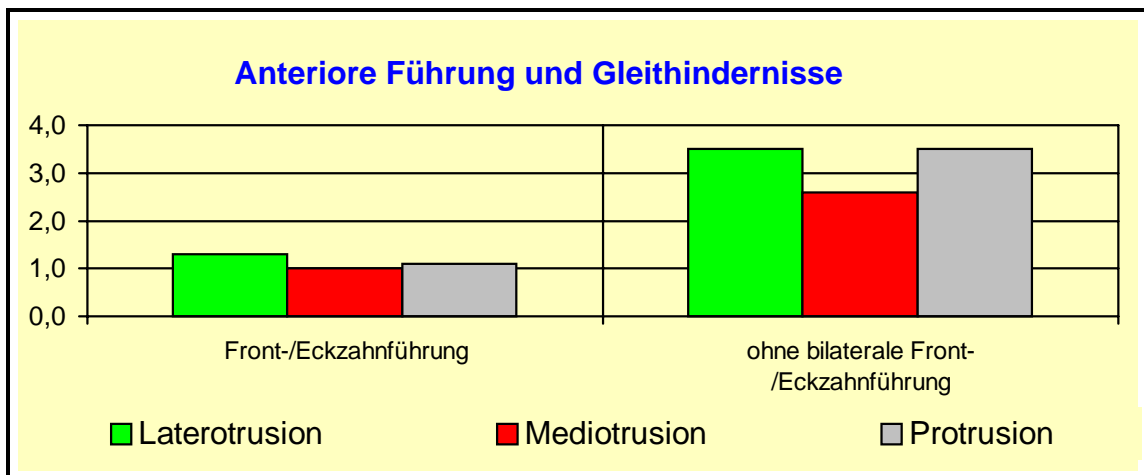
**Tab. 18:** Zustand der anterioren Führungselemente in den großen Gruppen der Basisdiagnosen. Angabe der absoluten Zahlen und prozentualen Anteile in der jeweiligen Gruppe.



**Abb. 35:** Vorkommen von Frontzahnführung und Eckzahnenschutz in der arthrogenen und myogenen Gruppe.

	Laterotrusion	Mediotrusion	Protrusion
Front-/Eckzahnführung (n = 15)	$\bar{X} = 1,3$	$\bar{X} = 1,0$	$\bar{X} = 1,1$
ohne Front-/Eckzahnführung (n = 40)	$\bar{X} = 3,5$	$\bar{X} = 2,6$	$\bar{X} = 3,5$
Prüfgröße	$Z = -2,86$	$Z = -2,73$	$Z = -2,73$
Irrtumswahrscheinlichkeit	$p = 0,004 **$	$p = 0,006 **$	$p = 0,006 **$
Gesamtkollektiv (n = 55)	$\bar{X} = 2,9$	$\bar{X} = 2,1$	$\bar{X} = 2,8$

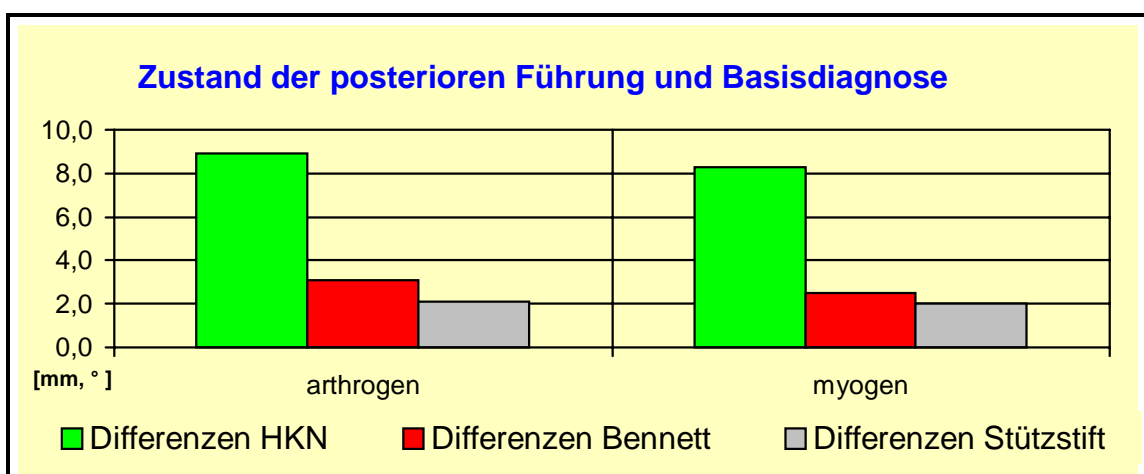
**Tab. 19:** Zustand der anterioren Führungselemente und Mittelwerte für Gleithindernisse. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.



**Abb. 36:** Zustand der anterioren Führungselemente und registrierte Gleithindernisse.

#### 6.2.4. Zustand der posterioren Führungselemente

Die Tabellen 20 bis 23 und die Abbildungen 37 bis 39 geben den Zustand der posterioren Führung wieder. Beachtlich sind die Seitendifferenzen für HKN und Bennettwinkel. Unterschiede von  $8^\circ$  bzw.  $2^\circ$  sind in allen Untersuchungsgruppen die Regel. Auch die Inzisalstiftendifferenzen liegen bei rund 2 mm. Die Gruppe mit Diskrepanzen unterscheidet sich in diesem Merkmal signifikant von der Gruppe ohne Diskrepanzen. Eine meßbare Auswirkung des Zustandes der anterioren Führung auf die Gelenkwerte konnte nicht ermittelt werden.



**Abb. 37:** Mittelwerte für Seitenunterschiede der posterioren Führung und Stützstiftendifferenzen in den großen Gruppen der Basisdiagnose.

	Mittelwerte Winkeldifferenz HKN [ ° ]	Mittelwerte Win- keldifferenz Ben- nettswinkel [ ° ]	Mittelwerte Stützstiftendifferenz [mm]
<b>arthrogen</b> (n = 40)	$\bar{X} = 8,9$	$\bar{X} = 3,1$	$\bar{X} = 2,1$
<b>myogen</b> (n = 11)	$\bar{X} = 8,3$	$\bar{X} = 2,5$	$\bar{X} = 2,0$
Prüfgröße	$Z = -0,64$	$Z = -0,21$	$Z = -0,72$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	$p = 0,520$	$p = 0,832$	$p = 0,467$

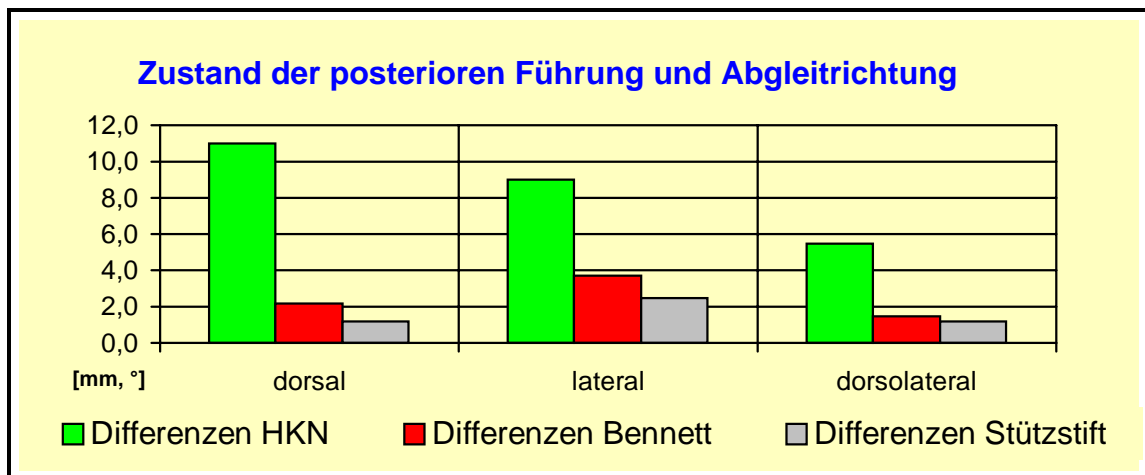
**Tab. 20:** Mittelwerte für Seitenunterschiede der posterioren Führung und Stützstiftdif-  
ferenzen in Bezug zur Basisdiagnose. Statistische Bearbeitung mit dem  
U-Test.

	Mittelwerte Winkeldifferenz HKN [ ° ]	Mittelwerte Win- keldifferenz Ben- nettswinkel [ ° ]	Mittelwerte Stützstiftendifferenz [mm]
<b>ohne Diskrepanz</b> (n = 13)	$\bar{X} = 7,3$	$\bar{X} = 1,9$	$\bar{X} = 0,9$
<b>Diskrepanz(en)</b> (n = 42)	$\bar{X} = 9,0$	$\bar{X} = 3,2$	$\bar{X} = 2,4$
Prüfgröße	$Z = -0,11$	$Z = -1,47$	$Z = -2,82$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	$p = 0,905$	$p = 0,140$	$p = 0,005 **$

**Tab. 21:** Mittelwerte für Seitenunterschiede der posterioren Führung und Stützstiftdif-  
ferenzen in Bezug zu Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen. Statistische Bearbeitung  
mit dem U-Test.

	Mittelwerte Winkeldifferenz HKN [ ° ]	Mittelwerte Win- keldifferenz Ben- nettswinkel [ ° ]	Mittelwerte Stützstiftendifferenz [mm]
<b>dorsales Gleiten</b> (n = 4)	$\bar{X} = 11,0$	$\bar{X} = 2,2$	$\bar{X} = 1,2$
<b>laterales Gleiten</b> (n = 22)	$\bar{X} = 9,0$	$\bar{X} = 3,7$	$\bar{X} = 2,5$
<b>dorsolaterales Gleiten</b> (n = 4)	$\bar{X} = 5,5$	$\bar{X} = 1,5$	$\bar{X} = 1,2$
<b>Gesamtkollektiv</b> (n = 55)	$\bar{X} = 8,6$	$\bar{X} = 2,9$	$\bar{X} = 2,0$

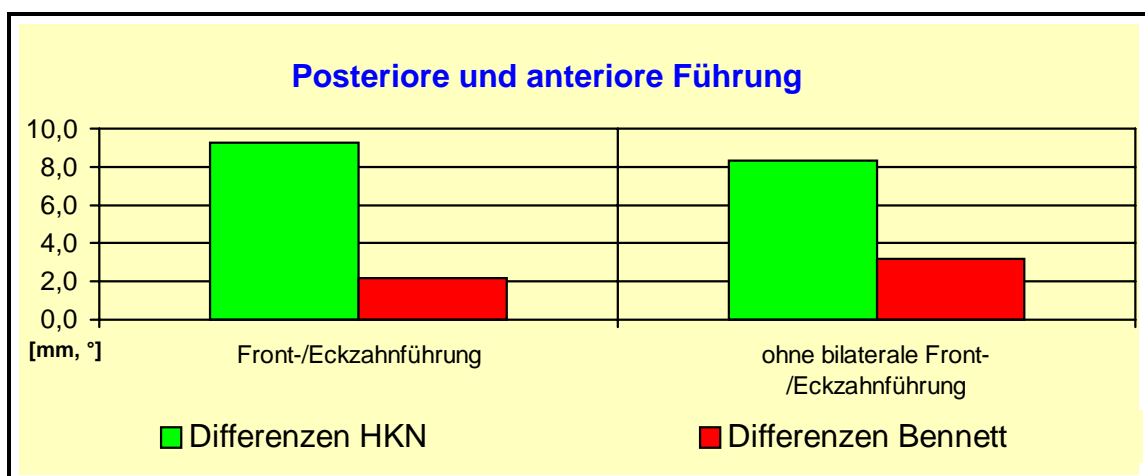
**Tab. 22:** Mittelwerte für Seitenunterschiede der posterioren Führung und Stützstiftdif-  
ferenzen in Bezug zur Abgleitrichtung.



**Abb. 38:** Mittelwerte für Seitenunterschiede der posterioren Führung und Stützstift-differenzen in Beziehung zur Abgleitrichtung.

	Mittelwerte Winkeldifferenz HKN [ ° ]	Mittelwerte Win- keldifferenz Ben- nettswinkel [ ° ]
Front-/Eckzahn- führung (n = 15)	$\bar{X} = 9,3$	$\bar{X} = 2,2$
ohne Front-/Eckzahn- führung (n = 40 )	$\bar{X} = 8,3$	$\bar{X} = 3,2$
Prüfgröße	$Z = - 0,40$	$Z = - 1,16$
Irrtumswahr- scheinlichkeit	$p = 0,683$	$p = 0,244$

**Tab. 23:** Seitendifferenzen der posterioren Führung und Zustand der Front-/Eckzahnführung. Statistische Bearbeitung mit dem U-Test.



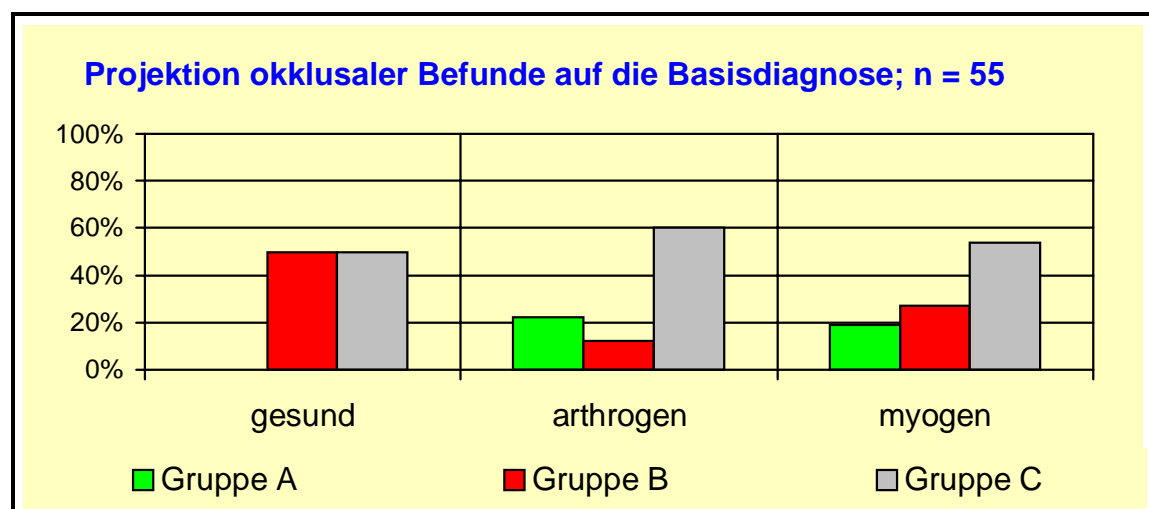
**Abb. 39:** Mittelwerte für Seitenunterschiede der posterioren Führung und Zustand der anterioren Führung.

### 6.2.5. Projektion okklusaler Befundkomplexe auf den Funktionszustand

Die Projektion der okklusalen Befundkomplexe auf die Basisdiagnosen ergibt eine Dominanz des Gruppe-C-Komplexes in der arthrogenen und myogenen Gruppe. Ein herausragender Unterschied im Auftreten der Befundkomplexe innerhalb der Gruppen der Basisdiagnose ist im Rahmen der vorgelegten Untersuchung nicht nachweisbar. In der Tabelle 24 und der Abbildung 40 ist die Verteilung der okklusalen Befundkomplexe im Untersuchungsgut dargestellt. Zwei Fälle der arthrogenen Gruppe konnten keinem der drei Befundkomplexe zugeordnet werden.

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
ohne geweblichen Befund (n = 4)	0	2 (50 %)	2 (50 %)
arthrogen (n = 40)	9 (22 %)	5 (12 %)	24 (60 %)
myogen (n = 11)	2 (19 %)	3 (27 %)	6 (54 %)

**Tab. 24:** Okklusale Befundkomplexe in den Gruppen der Basisdiagnosen. Angabe der absoluten Zahlen und prozentualen Anteile in der jeweiligen Gruppe.



**Abb. 40:** Okklusale Befundkomplexe in den Gruppen der Basisdiagnosen.

## **7. Diskussion**

### **7.1. Klinische Untersuchungen mit der manuellen Funktionsanalyse und Brauchbarkeit der Zentrikbestimmung**

Die Anwendung der manuellen Funktionsanalyse führt zu einer klaren und übersichtlichen Einteilung des Patientengutes nach Diagnosegruppen. Die weitere Differenzierung und Verfeinerung der klinischen Diagnose ist mit der manuellen Funktionsanalyse möglich, bringt aber hinsichtlich der Auswertbarkeit in der vorliegenden Untersuchung mit relativ kleinem Patientenkollektiv keine Vorteile. Am Ende der manuellen Funktionsanalyse steht, im Gegensatz zu anderen Untersuchungsschemata, keine Befundsammlung, sondern eine klar umrissene Arbeitsdiagnose mit therapeutisch relevanter Differentialdiagnostik. Überdies besteht die Möglichkeit zur standardisierten Zwischen- und Abschlußbefundung. Dies bringt für instrumentelle Diagnostik und Therapie Entscheidungshilfen, weil bestimmte Behandlungsschemata folgen können, die teilweise aufwendige Maßnahmen a priori ausschließen. So ist zum Beispiel eine Montage und/oder Schienenherstellung bei Hypermobilität sinnlos. Physiotherapeutische Maßnahmen haben in der psychisch/neurogenen Gruppe nur geringe Bedeutung.

Das Wissen über die in langjähriger Forschungsarbeit ermittelten Zusammenhänge zwischen objektivem Symptom und geweblichem Befund löst die symptomatische Therapie zu Gunsten der Kausaltherapie ab. Durch belegte Entstehungsmechanismen gekennzeichnete Basisdiagnosen, wie "arthrogen" (Anpassung der gelenkbildenden Strukturen an veränderte Biomechanik) und "myogen" (Reaktion der Muskulatur) kann das Untersuchungsgut so gruppiert werden, daß gezielt nach bestimmten, im Rahmen des Entstehungsmechanismus beschriebenen okklusalen Befunden gefahndet wird. Andere Untersuchungsschemata mit anderen Denkmodellen ermöglichen diese Einteilung nicht. Diese wiederum differenzieren die gefundenen Störungen nach Schweregraden oder Formen. Das ist mit der manuellen Funktionsanalyse nur in geringem Umfang möglich (Anzahl der Muskelbefunde, Lautstärke und Zeitpunkt der Geräusche). Entscheidend in dieser Untersuchung ist die Basisdiagnose, nicht deren Spielarten und Schweregrade.

Das überwiegende Auftreten der großen Diagnosegruppen "arthrogen" bzw. "myogen" deckt sich mit Ergebnissen früherer Untersuchungen, in denen auch nach muskulären



Störungen und Befunden an gelenkbildenden Strukturen unterschieden wird. Die Dominanz der arthrogenen Störungen mit 73 % der Fälle wird in anderen Untersuchungen jedoch nicht bemerkt. Heiser und Slavicek finden bei 52 % der kieferorthopädisch zu behandelnden Patienten Zeichen und Symptome einer arthrogenen Störung [43]. Peroz diagnostiziert 57 % arthrogene und 16 % myogene Störungen im laufenden Patientengut der Kiefergelenksprechstunde [95]. In der Literatur wird ein Verhältnis der beiden Störungen von 1 : 1 angegeben [12, 117]. Die klinische Routine bestätigt diese Gleichverteilung. Eine Erklärungsmöglichkeit für die hohe Zahl der arthrogenen Störungen ist die Sensitivität von Basis- und Differentialdiagnostik der manuellen Funktionsanalyse für diese Befundgruppe. Neu eingebrachte, sensitive Untersuchungsverfahren wie statische und dynamische Tests, Endgefühl und passive Weiterbewegung ermöglichen eine genaue Befunderhebung an den gelenkbildenden Strukturen. Damit werden auch Störungen erfaßt, die vom Patienten nicht mit subjektiven Beschwerden angegeben werden.

Der im Vergleich zu Literaturangaben geringe Anteil myogener Störungen ist ebenfalls auf die Anwendung der manuellen Funktionsanalyse zurückzuführen. In früheren Untersuchungen bildete die Palpation das Rückgrat der Diagnostik. Im craniomandibulären System ist die Palpation gut reproduzierbar. Für das craniocervikale System ist die Reproduzierbarkeit schlechter [126]. Ein hoher Anteil falsch positiver Befunde und die mangelnde Objektivierbarkeit sind ebenfalls kennzeichnend für die Muskelpalpation [11]. Eine muskuläre Funktionsstörung ist von muskulären Begleiterscheinungen bei arthgener Funktionsstörung durch Palpation nicht abzugrenzen. Die einzige differentialdiagnostische Unterscheidungsmöglichkeit ist die isometrische Testung. Abgesichert wird die Diagnose "myogene Funktionsstörung" durch Isometriebefund, Patientenangabe (Schmerz unter funktioneller Belastung, Kraftminderung) und eine Ursache der erhöhten Aktivität (Parafunktionen, psychische Affektionen). Isolierte Palpationsbefunde kennzeichnen nicht die muskuläre Funktionsstörung. Durch die klare Trennung muskulärer Einzelbefunde von der muskulären Funktionsstörung ist der geringe Anteil dieser Basisdiagnose erklärbar. Die Tatsache, daß nur vier Patienten (7 %) keine Befunde einer funktionellen Störung zeigen, stellt, bezogen auf die untersuchte Patientengruppe, ein schlechtes funktionelles Ergebnis dar. Ein derartig hoher Anteil an Störungen wird in vorhergehenden Untersuchungen mit größeren Patientenzahlen nicht gefunden [43, 87]. Auch dieses spricht für die Sensitivität der manuellen Funktionsanalyse. Bei einem Durchschnittsalter der Patienten von knapp 30 Jahren ist das Optimum der rege-

nerativen Kapazität, insbesondere der chondralen Strukturen, bereits überschritten. Das kann eine Ursache für die hohe Zahl der arthrogenen Störungen sein. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen, bei denen Parafunktionen als Diagnose zur Einteilung verwendet werden, stellt die psychisch/neurogene Gruppe den kleinsten Teil dar. Hinsichtlich der geschlechtlichen Verteilung funktioneller Störungen von weiblich zu männlich wie 2 : 1 können frühere Ergebnisse nicht bestätigt werden. Ein noch höherer weiblicher Anteil ist die Regel [43, 95].

Die Basisdiagnosen der manuellen Funktionsanalyse vereinen immer mehrere Differentialdiagnosen. Dies ist in der Tabelle 1 im Anhang dargestellt. Nicht für jede arthrogene oder myogene Differentialdiagnose sind okklusale Ursachen oder Modulatoren belegt. Das gilt zum Beispiel für die Hypermobilität oder das Knacken des Ligamentum laterale. Hier werden anatomisch-strukturelle Ursachen und unphysiologische Bewegungsabläufe vermutet. Die genannten Differentialdiagnosen treten häufig isoliert oder vergesellschaftet mit muskulären Befunden auf. Somit kann für diese nicht weiter klassifizierten Fälle kein direkter Zusammenhang zwischen Okklusion und Funktionsstörung hergestellt werden. Auf die Auswertung okklusaler Befunde für die jeweilige Basisdiagnose hat der genannte Zusammenhang keinen Einfluß. Die erhobenen Differentialdiagnosen der arthrogenen Gruppe spiegeln den klinischen Alltag wider. Die beobachtungsbedürftigen Befunde dominieren. Die Diskusverlagerung überwiegt in der Gruppe der behandlungsbedürftigen (und oft schmerzhaften) Befunde. Hartspann ist die häufigste Differentialdiagnose der myogenen Gruppe. Auch das deckt sich mit Befunden aus der täglichen Praxis.

Die beschriebene Methode der Zentrikbestimmung kann durch die laborseitige individuelle Anpassung erfolgreich am Patienten umgesetzt werden. Bei Patienten mit notwendiger großer Sperre hat das Vorgehen, wie jedes interokklusale Registrat, seine Grenzen. Das Risiko für das Einsetzen der translatorischen Bewegungskomponente steigt. Die Überprüfung der ausschließlichen Rotation kann nur näherungsweise im Zuge der kinematischen Scharnierachsenbestimmung durchgeführt werden. Bei initialer Translation des Schreibstiftes wird die Schneidekantenstufe gemessen. Die Zentrikbestimmung verläuft dann bei vertikaler Sperrung unterhalb der bestimmten Schneidekantenstufe. Dafür muß der Zentrikträger stellenweise perforiert werden. Eine Kontrolle der ausschließlichen Rotation bei Mundöffnung, die durch den Kunststoffblock verursacht wird, ist nur bedingt (z.B. Achsbestimmung) möglich. Elektronische Registrier-

verfahren sind, durch Umrechnung der Spuren auf den realen Interkondylarabstand, in diesen Fällen sicherer [11].

## **7.2. Funktionszustand versus okklusaler Befund**

### **7.2.1. Funktionelle Befunde und Störungen der statischen und dynamischen Okklusion**

Eine qualitative Aussage über die Auswirkungen einzelner okklusaler Befunde oder mehrerer okklusaler Störungen im Komplex auf die Basisdiagnose lassen die vorliegenden Ergebnisse nicht zu. Eine tendenzielle Beurteilung der Rolle okklusaler Störungen ist jedoch für Teilbereiche möglich. So stellt die bilaterale Front-/Eckzahnführung in beiden großen Gruppen der Basisdiagnose die Ausnahme dar. Dies wurde auch für funktionell gesunde Vergleichskollektive gefunden. Die aus fehlender Disklusion resultierende Überlastung der Gelenkführung und die verstärkte isometrische Kontraktion der Muskulatur sind belegte Einflußfaktoren bei der Ausbildung arthrogener bzw. myogener Störungen. Das Fehlen der Disklusion bei einem Großteil der Fälle in beiden Gruppen kann als ätiologisch und therapeutisch wichtig angesehen werden. Erschwerend kommt bei kieferorthopädisch zu behandelnden Patienten das gehäufte Vorkommen von Fehlstellungen einzelner Zähne hinzu. Damit steigt das individuelle Risiko für die Ausbildung von Vorkontakten und Gleithindernissen auch bei wirksamer anteriorer Führung mit ausreichender Entkoppelung der Seitenzähne. Dieser Aspekt findet in den hohen Zahlen für Vorkontakte und Gleithindernisse seinen Niederschlag. Das komplexe Auftreten und Zusammenwirken okklusaler Störungen spiegelt sich in der Tatsache wider, daß nur weniger als ein Viertel der Fälle in der arthrogenen wie in der myogenen Gruppe dem Befundkomplex der Gruppe A zugeordnet werden konnten. Der Großteil der Fälle beider Basisdiagnosen wurde der Gruppe C zugeordnet. Die Untersuchung kombinierter okklusaler Befunde und die Verwendung realitätsnaher Denkmodelle zur Wirkungsweise der statischen und dynamischen Okklusion sind nach Pullinger und Seligmann erfolgversprechender als die Erforschung des einzelnen okklusalen Befundes [119].

Mit maximal drei und minimal zwei Vorkontakten können andere Ergebnisse zum Vorkommen dieses okklusalen Befundes bestätigt werden [86]. Alle 55 Fälle zeigten in der instrumentellen Okklusionsanalyse Vorkontakte. Hierbei dominierten Vorkontakte im Seitenzahnbereich in beiden großen Gruppen der Basisdiagnose. In der A-,B-,C-Lokalisation zentrischer Kontakte unterschieden sich arthrogene und myogene Gruppe statistisch nicht voneinander. Die Tatsache, daß Praemolaresegmente signifikant weniger belastete C-Kontakte aufwiesen, bringt keinen Erkenntnisgewinn. Auch in der Gruppe ohne Diskrepanz(en) treten im Durchschnitt zwei Vorkontakte auf. Bei klinisch nicht sichtbarer Unterkieferverlagerung können trotzdem Vorkontakte bestehen. Mehr als zwei Drittel der Fälle zeigen Diskrepanzen zwischen Zentrik und HIKP. Eine erwartete Häufung zentrischer Vorkontakte in dieser Gruppe tritt nicht auf. Dies läßt vermuten, daß auch andere, nicht okklusionsbedingte, Einflüsse einen Unterschied der Unterkieferlage in den beiden Positionen verursachen. Interessant erscheint in diesem Zusammenhang die von Hansson vertretene These, wonach der überwiegende Teil der Unterkieferverlagerungen durch kondyläre Asymmetrien verursacht wird [37]. Daß skelettale Diskrepanzen durch Vorkontakte maskiert werden können, zeigt sich beispielsweise nach dem diagnostischen Einschnitzen der Vorkontakte. Die Vertikalrelation ändert sich dabei, während die horizontalen Veränderungen nach Beseitigung des Kontaktes nicht genügen, um die Kongruenz der Modellokklusion zu erreichen.

Die Richtung des zentrischen Gleitens, als in der Literatur beschriebene Ursache für Schädigungen arthrogener Strukturen, grenzt die beiden großen Gruppen der Basisdiagnose nicht voneinander ab. Geht man von den Ergebnissen anderer Untersuchungen aus, so wirken dorsolaterale und dorsocraniale Abgleitbewegungen gelenkschädigend. Eine ausgesprochene Häufung dieses Befundes in der arthrogenen Gruppe wird nicht registriert. Auch die Abgleitrichtung ist in allen drei untersuchten Kategorien durch Vorkontakte auf Seitenzähnen bestimmt.

Isolierte zentrische Vorkontakte sind Befunde, die in allen Untersuchungsgruppen vorkommen. Sie kennzeichnen weder gesund noch krank und können lokal behandelt werden [2, 20]. Eine Häufung von Vorkontakten in der myogenen Gruppe, wie in der Literatur beschrieben, ist nicht ermittelt. Mit 26 % kongruenter Okklusionskontakte in den beiden Positionen liegen die Ergebnisse geringfügig über den Literaturangaben. Diese bewegen sich zwischen 10 und 24 % Übereinstimmung [18, 104]. Das liegt im wesentlichen am höheren apparativen Aufwand vorangegangener Untersuchungen. Dabei ver-

wendete Registrierapparaturen zur Erfassung der Verlagerung des Scharnierachsenpunktes stellen Veränderungen mit Zehntelmillimetergenauigkeit dar.

Bei sechs von neun untersuchten Leitsymptomen sind mehr als 50 % der untersuchten Fälle in Zentrik anders zu planen als in habitueller Interkuspitation. Diagnostik handgehaltener Modelle ist in diesen Fällen nicht ausreichend.

Die Befunde der dynamischen Okklusion sind teilweise widersprüchlich zu den Resultaten aus dem Schrifttum. Rinchuse und Sassouni stellten Okklusionen nach kieferorthopädischer Behandlung unbehandelten, ungestörten Okklusionen gegenüber [107]. Gleithindernisse bei Protrusion waren dabei die Ausnahme. Da bei myogenen Funktionsstörungen durchweg eine erhöhte Aktivität der Muskulatur (isometrische Anspannung) vorliegt und dies zum Großteil durch Gruppenführungen verursacht wird, kommen die Befunde bei Lateralbewegung früher gemachten Untersuchungen über myogene Störungen nahe [93, 94, 114]. Dynamische Okklusion mit Gruppenführung ist bei jungen Erwachsenen die Regel [11]. Die früher vertretene Auffassung, daß Eckzahnführung die Aktivität der Kaumuskulatur senkt, wird heute kontrovers diskutiert [7, 11]. Die myogene Gruppe in dieser Studie hatte zu 55 % keine Eckzahnführung jedoch durchschnittlich 4 Laterotrusionskontakte. Diese beiden Ergebnisse weichen nicht wesentlich von Angaben über gesunde, symptomlose Patienten ab. Künftige Forschungen sollten den Einfluß von Laterotrusionskontakten bei myogenen Funktionsstörungen untersuchen. Der Einfluß von Laterotrusionskontakten bei arthrogenen Störungen ist wenig untersucht. Auch hier ist der Ansatz von Bumann "sagittale Protektion" interessant [11]. Danach sind alle dorsocranialen Bewegungskomponenten während der Lateralbewegung potentiell gelenkschädigend. Hierzu können keine Aussagen getroffen werden, weil das verwendete Artikulatorsystem keine Darstellungsmöglichkeit für diese Bewegungsabläufe bietet.

Eine höhere Zahl für Mediotrusionshindernisse wäre im Vergleich mit Literaturangaben zu erwarten gewesen. Mit durchschnittlich 11 (arthrogene Gruppe) und 12 (myogene Gruppe) okklusalen Interferenzen muß das Ergebniss dieser okklusalen Befunde für das ausgewählte Patientenkollektiv aus funktioneller Sicht als völlig unbefriedigend angesehen werden. In der Vergleichsliteratur finden sich keine derartigen Zahlen. Allein mit Fehlstellungen einzelner Zähne sind die Befunde der dynamischen Okklusion nicht mehr zu begründen. Hier müssen insuffiziente anteriore Führungselemente eine Rolle spielen. Therapeutisch wären diese massiven Befunde über Einschleifmaßnahmen nur

begrenzt handhabbar. Eine in der Literatur vorkommende oder aus den Funktionsabläufen ableitbare Erklärung für das gekoppelte Auftreten eines Befundes der statischen Okklusion mit einer höheren Anzahl von Gleithindernissen gibt es nicht. Eine signifikant höhere Mehrfachbelastung der Molaresegmente mit Gleithindernissen und Kombination dieser mit Vorkontakten konnte ermittelt werden. Gekippte oder rotierte Zähne stellen oft Vorkontakte und Gleithindernisse zugleich dar. Dies trifft insbesondere für distale Molaren zu. Derotation und Aufrichtung von Molaren sind somit auch funktionell bedeutsam.

### **7.2.2. Einfluß der anterioren Führung**

Auch der Zustand der anterioren Führungselemente ist funktionell nicht zufriedenstellend. Geht man von der protektiven Wirkung anteriorer Führungselemente aus, muß für den Großteil der Fälle in beiden Gruppen von ausschließlicher Gelenkführung bei Lateral- und/oder Vorschubbewegungen ausgegangen werden [123]. Dies ist aus funktioneller Sicht gesehen ein unbefriedigendes Ergebnis. Die hohe Zahl von Gleithindernissen wird durch die fehlende Disklusion der insuffizienten anterioren Führungselemente erklärlich. Das uneinheitliche Bild, welches in der Literatur für Eckzahnschutz und Frontzahnführung entsteht, wird durch das vorliegende Zahlenmaterial nicht wesentlich verändert. Signifikant mehr Gleithindernisse in den drei Bewegungsrichtungen kennzeichnen die Gruppe ohne Front-/Eckzahnführung.

### **7.2.3. Einfluß der posterioren Führung**

Für die posteriore Führung, die auch als Gelenkführung bezeichnet wird, sind vergleichbare Untersuchungsmethoden und Untersuchungsergebnisse nur in geringem Umfang bekannt. Qualitativ kann das Gelenk mit Techniken der manuellen Funktionsanalyse ausreichend untersucht werden. Hierbei sind der gleichseitige, schmerzfreie Bewegungsumfang, die passive Weiterbewegung und das Endgefühl aussagekräftig. Für die quantitative Beurteilung stehen computergestützte und graphische Aufzeichnungsverfahren zur Verfügung. Grundlage beider Verfahren ist die Aufzeichnung von Bewe-

gungsbahnen mit anschließender Vermessung und Beurteilung der Spuren hinsichtlich der Krümmungsform und der Lage zu einer Bezugsebene. Literaturangaben zu kombinierten Untersuchungen funktioneller und okklusaler Befunde mit quantitativen Aussagen zur posterioren Führung sind rar [78, 79, 80, 104, 128]. In neueren Studien konnten keine Zusammenhänge zwischen Ausprägung des kieferorthopädischen Anomaliebildes und der registrierten Bewegungskapazität des Kiefergelenkes gefunden werden [29, 53, 129, 140]. In dieser Untersuchung wurde deshalb der Versuch unternommen, durch Ermittlung der Seitendifferenzen für Kondylarbahnneigung und Bennettwinkel basale Daten zum Zustand der posterioren Führung zu gewinnen. Begründet in der Tatsache, daß gesunde Gelenke desselben Typs sich nicht wesentlich im Bewegungsumfang unterscheiden, wurde versucht, diese allgemeine Aussage im speziellen Falle der Kiefergelenke zu berücksichtigen. Ähnliche Gedanken liegen den Tests der manuellen Funktionsanalyse zugrunde. Trotzdem stellt die Vorgehensweise im Rahmen dieser Arbeit ein Novum dar.

In den beiden großen Gruppen der Basisdiagnose ergeben sich keine signifikanten Unterschiede der Seitendifferenzen. Verwunderlich ist dabei die Tatsache, daß die myogene Gruppe nicht wesentlich von den Werten der arthrogenen Gruppe abweicht. Es ergibt sich daraus die Frage, wieviel Seitendifferenz für die Gewebe tolerabel ist und ob eine myogene Funktionsstörung die Gelenke sekundär schädigt ? Mit mehr als 8 ° Seitendifferenz der HKN und 2 ° Unterschied im Bennettwinkel in beiden Gruppen kann von einer Gleichseitigkeit des Bewegungsumfanges nicht gesprochen werden. Ob unterschiedlich steile Bewegungsbahnen das kontralaterale Gelenk beeinflussen, ist nicht geklärt. Nach Siebert schützt die steilere anteriore Führung die posteriore Führung vor der Überlastung [123]. Kommen, wie in der vorliegenden Untersuchung bei 72 % der Fälle ermittelt, zu einer insuffizienten anterioren Führung die besagten Seitendifferenzen der Winkelwerte hinzu, so ist von einer nicht unerheblichen Belastung für die gelenkbildenden Strukturen auszugehen.

Die Berücksichtigung der Inzisaltiftendifferenz als Maß für die Rotation zwischen Zentrik und HIKP unterscheidet die beiden großen Gruppen der Basisdiagnose nicht signifikant von einander. Beim Vorliegen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen gibt es einen signifikanten Unterschied. Da jede Diskrepanz mit einer vertikalen Komponente einhergeht, ist die Abweichung erklärlich. In der Gruppe ohne Diskrepanz liegt der Mittelwert der Stützstiftendifferenz mit 0,9 mm im physiologischen Toleranzbereich. Die Rotation

wird gegenüber der Translation als die physiologische, protektive Bewegungsform des Kiefergelenkes angesehen [117]. Auch die Abgleitrichtung hat keinen nennenswerten Einfluß auf die Winkeldifferenzen. Das in der Literatur als gelenkschädigend bezeichnete dorsolaterale Gleiten ist, entgegen der Erwartung, mit den geringsten Winkeldifferenzen behaftet.

Eine positive Wirkung der intakten Front-/Eckzahnführung auf den Zustand der posterioren Führung konnte nicht nachgewiesen werden. Die Gruppe mit Front-/Eckzahnführung liegt auf ähnlich hohem Niveau der Differenzen von mehr als 8 ° bzw. 2 ° wie die Gruppe ohne bilaterale Front-/Eckzahnführung. Auf die Vergrößerung des Bennettwinkels nach Beseitigung der Zahnführung wies schon Lückerrath hin [78].

### **7.3. Vergleiche zu anderen Untersuchungen und Abschätzung wesentlicher Fehler**

Die kombinierte Erfassung funktioneller und okklusaler Befunde erwachsener Patienten hat sich, wie vorhergehende Untersuchungen zeigen, bewährt. Mit der Beibehaltung dieses methodischen Konzepts konnte durch Verfeinerung bestimmter Details (Artex<sup>®</sup>-Reference-System, individueller Zentrikträger) und Anwendung der manuellen Funktionsanalyse eine Verbesserung der Diagnostik bei sinkendem apparativen Aufwand erreicht werden. Da bis jetzt noch keine weiteren Ergebnisse zur Anwendung der manuellen Funktionsanalyse in der Kombination mit instrumentellen Verfahren bei Patienten mit funktionellen Störungen vorliegen, können auch keine vergleichenden Aussagen gemacht werden. Zur Erfassung okklusaler Befunde wurde der unberechenbaren Situation im Munde die kalkulierbaren Nachteile der starren Artikulatormechanik und des Gipsmodells vorgezogen:

- fehlende Resilienzen (Zahnintrusionen, Gelenkresilienz)
- Nichtbeachtung der elastischen Deformation der Kieferknochen
- fehlender retrusiver Funktionsbereich
- exkursiver Bewegungsablauf im Artikulator (inkursives Eingleiten unter Funktion)
- Interpolation anatomischer Strukturen auf Bauteile des Artikulators

Eine völlige Übereinstimmung der Situation am Patienten mit der Modelloklusion ist nicht möglich. Nach Reiber können im Artikulator nur 40 % der Kontakte, abhängig



von der Zahnart, wiedergegeben werden [99]. Janson findet für die Kontakte in Scharnierachsenposition sowie bei Vor- und Seitschubbewegungen Reproduktionsraten von über 80 %. Dabei waren Kontakte im Artikulator besser reproduzierbar als am Patienten [50].

Im Ablauf der instrumentellen Befunderhebung haben Fehler bei der Modellübertragung als zufällige Fehler den größten Einfluß. Dies sind im wesentlichen Ungenauigkeiten bei der Achsbestimmung, der Sitz des Registrierbogens sowie Fehler bei der Zuordnung der Modelle zum Registrat und dem nachfolgendem Eingipsen. Wichtige systematische Fehler sind die Gipsexpansion und Justierfehler der Artikulatorkomponenten.

Die entscheidenden Auswirkungen hat jedoch die Zentrikbestimmung. Aus jeder Fehlbestimmung resultieren falsche Kontakte. Eine Objektivierung bzw. sofortige Nachprüfbarkeit der bestimmten Position ist auch bei der angewandten Methode der Zentrikbestimmung nicht möglich.

## 8. Zusammenfassung

Die in der Problemstellung aufgeworfenen Fragen können aus den Ergebnissen der Untersuchung wie folgt beantwortet werden:

1. Sind Basisdiagnosen der manuellen Funktionsanalyse durch das Auftreten von Befunden der statischen und dynamischen Okklusion gekennzeichnet ?

Im Auftreten von Diskrepanzen zwischen Zentrik und habitueller Interkuspidation unterscheiden sich arthrogene und myogene Gruppe nicht. In beiden Gruppen liegt der Anteil der Fälle mit Diskrepanzen über 50 %. Die Seitenzähne, insbesondere die Molaren, sind mit Interferenzen mehrfach belastet. Gleithindernisse in dynamischer Okklusion sind die Regel, kennzeichnen die arthrogene und myogene Gruppe nicht näher. Die hohe Zahl von Gleithindernissen bei Protrusion ist das Resultat der dysgnathiebedingten Veränderungen von Überbiß und sagittaler Schneidekantenstufe, die über die Wirksamkeit der anterioren Führung entscheiden [125]. Der Großteil der Fälle beider Basisdiagnosen wurde der Gruppe C zugeordnet. Das gehäufte Auftreten der Kombination Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen mit insuffizienter anteriorer Führung, Vorkontakten und Gleithindernissen unterstreicht den Stellenwert okklusaler Befunde bei funktionellen Störungen.

2. Wird in den Gruppen der Basisdiagnose eine Häufung von kombiniert miteinander auftretenden Befunden der statischen und dynamischen Okklusion im Sinne eines sich wiederholenden „okklusalen Musters“ beobachtet ?

Eine kombiniertes Auftreten okklusaler Befunde in einer Gruppe der Basisdiagnose konnte nicht ermittelt werden. Keine Basisdiagnose ist durch ein bestimmtes „okklusales Muster“ gekennzeichnet.

3. Ist die Richtung des zentrischen Gleitens kennzeichnend für eine Basisdiagnose ?

Die Richtung des zentrischen Gleitens grenzt die beiden großen Gruppen der Basisdiagnose nicht voneinander ab. Dorsales oder dorsolaterales Gleiten ist nicht kennzeichnend für die arthrogene Funktionsstörung.

4. Wie verändern sich kieferorthopädische Leitsymptome (nach Klink-Heckmann), durch Diskrepanzen zwischen Zentrik und habitueller Interkuspidation ? Haben die Veränderungen Auswirkungen auf die Behandlungsplanung ?

Diskrepanzen zwischen Okklusion in zentrischer Relation und habitueller Interkuspidation verändern meßbar das Ausmaß kieferorthopädischer Leitsymptome. Dies trifft insbesondere auf die Leitsymptome vergrößerte sagittale Schneidekantenstufe, unterer Frontzahnvorbiß, offener Biß, Platzüberschuß, falsch verzahnte Einzelzähne und steil/invertiert stehende Schneidezähne zu. Ohne montierte Modelle erfolgt die Umformung der Okklusion unter Beibehaltung der Kondylenposition.

5. Beeinflussen sich anteriore und posteriore Führung des Unterkiefers und welcher Zusammenhang besteht zur Basisdiagnose ?

Die bilaterale Front-/Eckzahnführung senkt die Zahl der Gleithindernisse in dynamischer Okklusion. Eine Beeinflussung der posterioren Führung durch die intakte anteriore Führung konnte nicht ermittelt werden. Arthrogene und myogene Gruppe unterscheiden sich nicht signifikant in den Seitendifferenzen für horizontale Gelenkbahnneigung, Bennettwinkel und der Stützstiftendifferenz.

6. Welchen Stellenwert hat die instrumentelle Diagnostik ?

Mit dem Vorliegen bestimmter okklusaler und/oder funktioneller Befunde ist die Anwendung der instrumentellen Okklusionsanalyse indiziert. Instrumentelle Okklusionsanalyse in jedem Fall ist nicht gerechtfertigt. Die manuelle Funktionsanalyse hat das Primat vor allen anderen Maßnahmen. Aus den Ergebnissen der Funktionsuntersuchung

am Patienten sollte die Anwendung weiterer instrumenteller Verfahren abgeleitet werden.

Die zur Ermittlung der Diskrepanzen verwendeten Geräte und Hilfsmittel in dieser Untersuchung wurden bewußt einfach gehalten. Die Erfassung der Diskrepanzen erfolgte nach in der Literatur angegebenen Obergrenzen für gefundene Reaktionen der Gewebe. Durch diese zwei Aspekte wird die praktische Aussage der Arbeit untermauert. Der apparative Aufwand ist überschaubar, bezahlbar und nachvollziehbar und die Feststellung einer Diskrepanz bedeutet infolge der definierten Grenze schon ein funktionelles Risiko.

Pauschale Aussagen zum Einfluß okklusaler Störungen auf funktionelle Befunde sind auch mit den Ergebnissen dieser Untersuchung nicht möglich. Der Einfluß der Okklusion in ihrem komplexen Zusammenwirken mehrerer Störungen, ähnlich dem multifaktoriellen Geschehen bei Parodontalerkrankungen, ist nach dem vorliegenden Zahlenmaterial nicht zu leugnen. Über den funktionellen Einfluß der Gleithindernisse bei Protrusion, die in dieser Untersuchung in deutlich erhöhter Zahl gefunden wurden, ist die Literatur weniger aussagekräftig. Hyperbalancen sind dagegen besser untersucht. Die Tatsache, daß diese Gleithindernisse auch bei funktionell gesunden Personen in fast gleicher Zahl gefunden werden, spricht für den modulierenden Einfluß dieser Okklusionsstörung [82].

Ob die quantitative Beurteilung des Gelenkzustandes durch Werte der Bewegungsaufzeichnung sinnvoll ist, müssen künftige Forschungen zeigen. Dafür werden aber Normwerte und Standards zur Kennzeichnung der gesunden Gelenkfunktion benötigt, welche auch in der allgemeinen Orthopädie different und nicht unumstritten sind.

## 9. Schlußfolgerungen und klinische Bedeutung

Mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit kann Auffassungen, insbesondere aus dem anglo-amerikanischen Schrifttum, entgegengetreten werden, wonach die Okklusion für die Entstehung und Unterhaltung funktioneller Störungen nicht ursächlich sei. Das Zusammenwirken mehrerer Störungen ist jedoch wichtiger als das Vorhandensein der einzelnen Störung. Ausgehend von der Tatsache, daß bestimmte funktionelle Störungen nicht durch okklusale Therapie behandelt werden bzw. okklusale Therapie bei vorliegender idealer Okklusion sinnlos ist, läßt sich folgende Reihung der diagnostischen Maßnahmen formulieren:

1. Erstuntersuchung aller erwachsenen Patienten mit der manuellen Funktionsanalyse.
2. Beurteilung der statischen und dynamischen Okklusion im Munde (Erkennen von Zentrik-/HIKP-Diskrepanzen, insuffizienten anterioren Führungselementen und Fehlstellungen im Molarenbereich).
3. Entscheidung über nachfolgende instrumentelle Verfahren (beim Vorliegen positiver Befunde aus 1. und/oder 2.).

Eine ähnliche Reihenfolge der Maßnahmen wird auch von anderen Autoren angegeben [21, 26]. Teure und aufwendige instrumentelle Verfahren werden bewußt an die letzte Stelle gesetzt. Ihr wissenschaftlicher Wert ist unbestritten. Früheren Vorschlägen, wonach schon in der ersten Sitzung instrumentelle Verfahren angewendet werden, kann nicht zugestimmt werden. Sollte jedoch nur der geringste Verdacht auf eine Diskrepanz bestehen, ist eine Bestimmung der zentralen Relation und eine arbiträre Modellmontage angezeigt. Um die Rolle der Okklusion bei der Entwicklung funktioneller Störungen noch genauer beurteilen zu können, sind klinische Studien mit größeren Patientenkollektiven notwendig. Damit ist auch eine gesicherte statistische Aussage möglich und nicht nur eine Tendenz zu formulieren. Skandinavische Arbeiten sind dafür richtungsweisend [57, 58]. Die Schwierigkeit besteht jedoch darin, in einem überschaubaren Zeitraum die Anzahl an Patienten mit gleichem oder ähnlichem Okklusionsbefund zu finden. Hierbei dürfen jedoch die Auswahlkriterien nicht zu grob festgelegt werden, weil sonst der gerade auszuschließende Summationseffekt der okklusalen Störungen immer bedeutender wird. Dieses bekannte Problem der klaren Abgrenzung von Patientengruppen und deren seltenes Auftreten mit den isolierten Kriterien erschwert die

Forschungstätigkeit. Die kontrollierbare Zentrikbestimmung ohne sperrendes Registrat ist weiterhin ein ungelöstes Problem.

Bezüglich der Auswirkungen des zentrischen Gleitens auf die Gelenkfunktion bleiben die Aussagen weiterhin uneinheitlich. Die These, wonach die Diskusverlagerung ausschließlich durch dauerhafte Einwirkung eines dorsokraniellen Belastungsvektors auf das betreffende Gelenk verursacht wird, kann nicht unterstützt werden. Nicht in jedem Fall einer Diskusverlagerung wies die Modelloklusion eine solche Belastungsrichtung aus. In künftigen Untersuchungen sollte deshalb der Schwerpunkt auf die Erforschung des Einflusses von Faktoren außerhalb der Zahnreihe gelegt werden. Wichtige Aspekte sind hierbei Patientenalter und Ausmaß der Vorschädigung, die muskuläre Koordination der Funktionsbewegungen und die Gleichseitigkeit von Bewegungsumfang und Bewegungsablauf.

Störung	aussagekräftige Tests	erweiterte Techniken	Arbeitsdiagnosen
<b>arthrogen</b>	<p><i>aktiv</i> Geräusche, behinderte Öffnung, Deviation, Deflexion</p> <p><i>passiv</i> Hindernisse im Gleitweg</p> <p><i>Endgefühl</i> schmerzlos; knöchern, federnd</p> <p><i>Patientenangabe</i> Patient deutet direkt auf das Gebiet vor dem Ohr</p>	<p><i>statische und dynamische Tests</i></p> <p><i>Palpation der Kiefergelenke in Statik und Dynamik</i></p>	<p><i>zu behandeln</i> Diskusverlagerung, Diskusperforation, Hypermobilität, deviation in form, Arthritis, Arthrose</p> <p><i>zu beobachten</i> schmerzloses Knacken</p>
<b>myogen</b>	<p><i>aktiv</i> Dyskoordination, allgemein verminderter Bewegungsumfang</p> <p><i>passiv</i> spürbarer Widerstand</p> <p><i>Endgefühl</i> Schmerz; weich, abrupt endend</p> <p><i>Isometrie</i> Schmerz der aktiven Muskeln, übertragene Befunde, Ermüdung</p> <p><i>Patientenangabe</i> schmerzhafte Areale, Schmerz unter funktioneller Belastung, verminderte Kaukraft</p>	<p><i>statische Tests</i></p> <p><i>Palpation der Muskulatur</i></p>	<p>Kontraktur, Hartspannn, Myogelose, Myositis, Myofibrositis, Tendomyose</p>
<b>psychisch/ neurogen</b>	<p><i>Patientenangabe</i> diffuse Schmerzangaben, Sensibilitätsstörungen, bizarre Phänomene</p> <p><i>Endgefühl</i> schmerzhaft; leer</p> <p><i>passiv</i> Tonusschwankungen</p> <p><i>Isometrie</i> schmerzfreie Kraftlosigkeit</p>	<p><i>Projektions- zonen</i></p> <p><i>Testung der Sensibilität und Motorik im Gebiet der Gehirnnerven</i></p>	<p>neurologische Defizite (Konsilar)</p> <p>psychische Störung (Konsilar)</p>



### Basisuntersuchung CMD

Datum		Untersucher			
Patient		geboren			
	aktiv (mm)	passiv (mm)	Endgefühl	Isometrie	
Mundöffnung					
Mundschluß	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe		
Mediotrusion R					
Mediotrusion L					
Protrusion		keine Angabe	keine Angabe		
Retrusion				keine Angabe	
Palpation	rechts	links	Bemerkung		
M. masseter					
M. temporalis					
Occipitale M.					
M. sternocleido					
Suprahyale M.					
Mundboden					



## Differentialuntersuchung CMD

Datum	Untersucher	Patient		
<b>Statik</b>	<b>Endgefühl</b>	<b>Schmerz</b>	<b>Bemerkung</b>	
Kaudaltraktion				
ventromediale Translation				
mediale Translation				
laterale Translation				
dorsale Kompression				
kraniale Kompression				
<b>Dynamik</b>	<b>Zeitpunkt</b>	<b>Intensität</b>	<b>Bemerkung</b>	
Mundöffnung + kran. Kompression				
Retrusion + kran. Kompression				
Mundöffnung + med. Translation				
Mundöffnung + lat. Translation				

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, daß mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der der Friedrich-Schiller-Universität Jena bekannt ist

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind

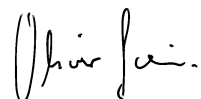
mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Prof. Dr. med. dent. habil. Heinz Graf, Dr. Stefan Kopp

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und daß Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen

daß ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

daß ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

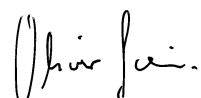
Jena den 08.11.01



## Lebenslauf

Name, Vorname	Schein, Oliver
Geburtsdatum	21. 08. 1970
Geburtsort	Sömmerda
1977 - 1987	Besuch der Grundschule in Sömmerda
1987 - 1989	Besuch der Erweiterten Oberschule in Sömmerda
1989	Abitur
1989 - 1990	Wehrdienst
1990 - 1991	Pflegepraktikum im Kreiskrankenhaus Sömmerda
1991 - 1996	Studium der Zahnmedizin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
1996	Staatsexamen
1997 - 1998	Vorbereitungsassistent in der Gemeinschaftspraxis Dr.Grohotzki/Dr.Grewe Höxter-Ottbergen
1998 - 1999	Vorbereitungsassistent in der Praxis Dr. Krümmelbein Frankenberg/Eder
1999 - 2001	Weiterbildungsassistent in der kieferorthopädischen Praxis Dr. Müller Sonneberg
2001 - 2002	Weiterbildungsassistent in der Poliklinik für Kieferorthopädie ZZMK Friedrich-Schiller-Universität Jena

Jena den 08.11.01



## **Danksagung**

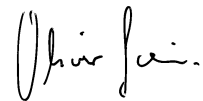
Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. dent. habil. Heinz Graf für die Betreuung der Arbeit.

Für die materiell-technische Unterstützung möchte ich mich bei Herrn OA Dr. Stefan Kopp bedanken.

Bei den Mitarbeitern der Poliklinik für Kieferorthopädie im ZZMK der Friedrich-Schiller-Universität Jena bedanke ich mich für ihre umfassende Hilfe im klinischen Teil der Arbeit.

Meinen Eltern für Ihre Geduld und Ihr Verständnis.

Jena den 08.11.01



## Literatur

1. Adame, C.G., Monje, F., Offnoz, M., Martin-Granizo, R.: Effusion in magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: a study of 123 joints. J Oral Maxillfac Surg 56, 314-318 (1998).
2. Agerberg, G., Sandström, R.: Frequency of occlusal interferences: a clinical study in teenagers and young adults. J Prosthet Dent 59, 212-217 (1988).
3. Alexander, S.R., Moore, R.N., Du Bois, L. M.: Mandibular condyle position: comparison of articulator mountings and magnetic resonance imaging. Am J Dentofac Orthop 104, 230-239 (1993).
4. Anders, C., Harzer, W., Eckardt, L.: Axiographische Untersuchung von Kindern mit einer Angle-Klasse II/2 (Deckbiß) hinsichtlich ihrer Unterkiefermobilität. Fortschr Kieferorthop 61, 45-53 (2000).
5. Ash, M.M.: Ätiologie, Diagnose und Therapie von Kiefergelenkerkrankungen und muskulären Funktionsstörungen. Teil 1. Phillip J 3, 155-161 (1984).
6. Blanksma, N.G., van Eijden, T.M.: Electromyographic heterogeneity in the human temporalis and masseter muscles during static biting, open/close excursions, and chewing. J Dent Res 74, 1318-1327 (1995).
7. Borromeo, G.L., Suvinen, T.I., Reade, P.C.: A comparison of the effects of group function and canine guidance interocclusal device on masseter muscle electromyographic activity in normal subjects. J Prosthet Dent 74, 174-180 (1995).
8. Böhm, A., Rammelsberg, H.-C., May, J.-M., Pho Duc, P., Pospiech, P., Gernet, W.: Direkte dreidimensionale elektronische Kondylenpositionsanalyse zur Bestimmung von RKP-IKP-Diskrepanzen. Dtsch Zahnärztl Z 50, 35-39 (1995).

9. Bumann, A.: Gewebespezifische Diagnose mit manueller Funktionsanalyse. Phillip J 11 (3), 97-99 (1994).
10. Bumann, A., Groot Landeweer, G.: Manuelle Untersuchungstechniken zur Differentialdiagnose von Funktionsstörungen im Kausystem. In: Hahn, W. (Hrsg.): Funktionslehre aktueller Stand und praxisgerechte Umsetzung. Hanser, München 1993.
11. Bumann, A., Lotzmann, U.: Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. In: Rateitschak, K.H., Wolf, H. (Hrsg.): Farbatlanten der Zahnmedizin, Bd. 12, Thieme, Stuttgart 2000.
12. Bumann, A., Freesmeyer, W.B., Kopp, S., Ewers, R., Luckenbach, A., Kruchio, B.: Erfolgsbewertung bei der Behandlung von Funktionsstörungen im stomatognathen System - eine vergleichende Studie der Kliniken Kiel und Tübingen. 20. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bad Nauheim 1987.
13. Bühl, A., Zöfel, P.: SPSS für Windows Version 6. Addison-Wesley, Bonn 1994.
14. Clark, G.T., Tsukiyama, Y., Baba, K., Simmons, M.: The validity and utility of disease detection methods and of occlusal therapy for temporomandibular disorders. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 83, 101-106 (1997)
15. Cohen, W.E.: A study of occlusal interferences in orthodontic treated occlusions and untreated normal occlusions. Am J Orthod 74, 647-652 (1965).
16. Crowley, C., Wilkinson, T., Piehslingher, E., Wilson, D., Czerny, C.: Correlations between anatomic and MRI sections of human cadaver temporomandibular joints in the coronal and sagittal planes. J Orofac Pain 10, 199-216 (1996).

17. De Boever, J.: Experimental occlusal balancing-contact-interferences and muscle activity. *Parodontologie* 23, 59-69 (1969).
18. De Laat, A., van Steenberghe, D.: Occlusal relationships and TMJ dysfunction. Part I: epidemiological findings. *J Prosthet Dent* 54, 835-842 (1985).
19. Droukas, B., Lindee, C., Carlsson, G.E.: Relationship between occlusal factors and signs and symptoms of mandibular dysfunction. *J Prosthet Dent* 53, 402-413 (1985).
20. End, E.: Klinische und instrumentelle Untersuchungen zur Okklusion und Artikulation. *ZWR* 105, 456-464 (1996).
21. Engelhardt, J.P.: Die instrumentelle Funktionsanalyse im Behandlungskonzept der täglichen Praxis. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 287-292 (1993).
22. Ewers, R.: Verlust der Eckzahnführung und Reaktion der temporomandibulären Strukturen. *Dtsch Zahnärztl Z* 39, 461-468 (1984).
23. Ewers, R., Bumann, A., Kopp, S.: Präoperative Diagnostik und Operationssitus bei chronischen Kiefergelenkerkrankungen. 21. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bad Nauheim 1988.
24. Ewers, R., Kopp, S., Bumann, A.: Diskusprolaps - Problematik und konservative Therapie. 20. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bad Nauheim 1987.
25. Farrar, W.B., Mc Carty, W.L.: A clinical outline of temporomandibular joint diagnosis and treatment. Walker Printing Co., Montgomery 1982.

26. Fischer-Brandies, H., Bumann, A.: Funktionsdiagnostik und Therapie in der Kieferorthopädie. Dtsch Zahnärztl Z 48, 293-297 (1993).
27. Fischer-Brandies, H., Burckardt, R., Gumprecht H.: Reproduzierbarkeit handgeführter und neuromuskulär gesteuerter Kiefergelenkbewegungen. Dtsch Zahnärztl Z 43, 47-55 (1988).
28. Fuchs, P., Schubert, R., Springer, O.: Experimentelle Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Artikulatormontagen. Dtsch Zahnärztl Z 31, 723-724 (1976).
29. Fushima, K., Inui, M., Sato, S.: Dental asymmetry in temporomandibular disorders. J Oral Rehabil 26, 752-756 (1999).
30. Girrbaach Dental-Systeme: Artex<sup>®</sup>-Reference-Manual. Girrbaach Dental GmbH, Pforzheim 1992.
31. Gerber, A.: Kiefergelenk und Zahnokklusion. Dtsch Zahnärztl Z 26, 119-141 (1973).
32. Geering, A.H.: Occlusal interferences and functional disturbances of the masticatory system. J Clin Periodontol 1 (2), 112-119 (1974).
33. Graf, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Kieferorthopädie. Stomatol-DDR 36 (7), 408-413 (1986).
34. Greene, C., Laskin, D.M.: Long-term evaluation of treatment for myofascial pain- dysfunction syndrome: a comparative analysis. J Am Dent Assoc 10, 235-239 (1983).
35. Green, C.S., Marbach, J.J.: Epidemiologic studies of mandibular dysfunction: A critical review. J Prosthet Dent 48, 184-190 (1982).



36. Gsellmann, B., Ovando-Castro, D.H., Wegschneider, W., Ulm, Ch., Schedal, R.: Determinierung von Okklusionskonzepten durch die sogenannte „Funktionelle Teilungsebene“. Inform Orthod Kieferorthop 26, 353-358 (1994).
37. Hansson, T.I.: Die Bedeutung intraartikulärer Weichgewebeveränderungen bei der Diagnose von Kiefergelenkerkrankungen. Teil 1. Phillip J 1, 213-216 (1984).
38. Hansson, T.I.: Die Bedeutung intraartikulärer Weichgewebeveränderungen bei der Diagnose von Kiefergelenkerkrankungen. Teil 2. Phillip J 1, 33-37 (1984).
39. Hansson, T.I., Lachmann, K.: Die konservative Behandlung der Kiefergelenkarthritis. Phillip J 15, 45-50 (1998).
40. Hansson, T.I., Nilner, M.: A study of the occurrence of symptoms of diseases of the temporomandibular joint, masticatory musculature and related structures. J Oral Rehabil 2, 313-317 (1975).
41. Hansson, T.I., Akerman, S., Nordström, B.: Okklusales Einschleifen und Muskelaktivität. Phillip J 3, 136-138 (1986).
42. Hansson, T.I., Honee, W., Hesse, J.: Funktionsstörungen im Kausystem. Hüthig, Heidelberg 1987.
43. Heiser, W., Slavicek, R.: Grundlagenuntersuchungen über den Funktionszustand dysgnathier Patienten vor Beginn orthopädischer Therapie. Inform Orthod Kieferorthop 18, 7-23 (1986).
44. Henrikson, T., Ekberg, E.C., Nilner, M.: Symptoms and signs of temporomandibular disorders in girls with normal occlusion and Class II malocclusion. Acta Odontol Scand 55, 229-235 (1997).

45. Hofmann, M., Pröschel, P.: Geometrisch-mathematische Analyse von Übertragungsfehlern in den Artikulator und deren praktische Auswirkungen. Teil 2. Dtsch Zahnärztl Z 33, 529-539 (1978).
46. Horn, R., Vetter, A.: Untersuchungen zur Differenz zwischen habitueller Interkuspitation und retraler Kontaktposition. Dtsch Zahnärztl Z 31, 295-299 (1976).
47. Horn, R., Vetter, A.: Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit zentraler Registrate nach Lauritzen. Dtsch Zahnärztl Z 31, 721-724 (1976).
48. Ingervall, B.: Das Vorkommen und der Typ von Zahnkontakten der Arbeits- und Balanceseite im kindlichen und Erwachsenen Gebiß mit normaler Okklusion. Fortschr Kieferorthop 44, 39-42 (1983).
49. Ingervall, B., Carlsson G.E.: Masticatory muscle activity before and after elimination of balancing side occlusal interferences. J Oral Rehabil 9, 183-192 (1982).
50. Janson, M.: Reproducibility of occlusal findings. Acta Odontol Scand 44, 95-99 (1986).
51. Jähnig, A., Kubein, D., Stachniss, V.: Okklusion und Kiefergelenkdysfunktion. Vergleichende pantografische Untersuchungen am Patienten mit paraokklusalen Löffeln. Dtsch Zahnärztl Z 35, 635-638 (1980).
52. Jähnig, A., Krysewsky, R.: Die Funktionsuntersuchung der Kiefergelenke bei kieferorthopädischen Neufällen mit dem Scharnierachsenschreiber. Fortschr Kieferorthop 50, 136-142 (1989).
53. Kahn, J., Tallents, R.H., Katzberg, R.W., Ross, M.E., Murphy, W.C.: Prevalence of dental occlusal variables and intraarticular temporomandibular disorders: molar relationship, lateral guidance, and nonworking side contacts. J Prosthet Dent 82, 410-415 (1999).

54. Kamann, W.K., Sandmann, D.: Zur Konstruktion und Klassifikation von Artikulatoren. Teil 1. Dtsch Zahnärztebl 105, 553-556 (1996).
55. Kamann, W.K., Sandmann, D.: Zur Konstruktion und Klassifikation von Artikulatoren. Teil 2. Dtsch Zahnärztebl 105, 646-649 (1996).
56. Kamelchuk, L., Nebbe, B., Baker, C., Major, P.: Adolescent TMJ tomography and magnetic resonance imaging: a comparative analysis. J Orofac Pain 11, 321-327 (1997).
57. Kirveskari, P.: Präventive und therapeutische Okklusionkorrekturen. Phillip J 12, 337-342 (1995).
58. Kirveskari, P., Alanen, P., Jamsa, T.: Association between craniomandibular disorders and occlusal interferences. J Prosthet Dent 62, 66-69 (1989).
59. Klett, R.: Projektionsfehler bei der Winkelmessung mit Scharnierachsen-schreibern. Dtsch Zahnärztl Z 37, 482-486 (1982).
60. Klinck-Heckmann, U., Bredy, E.: Kieferorthopädie. Barth, Leipzig 1990.
61. Koeck, B.: Instrumentelle Okklusionsanalyse. In: Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 8, Urban & Schwarzenberg, München 1995.
62. Koeck, B.: Was leistet die instrumentelle Funktionsanalyse ? Dtsch Zahnärztl Z 40, 161-164 (1985).
63. Kopp, S., Bumann, A., Schneeberg, P.: Die Bedeutung statischer Okklusion bei Störungen des stomatognathen Systems. 43. Jahrestagung der Schleswig-Holsteinischen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Kiel 1993.

64. Kopp, S., Seebald, W.G.: Orientierende Untersuchung des Cranio-Mandibulären Systems (CMS) - Teil 1. ZMK 15, 532-539 (1999).
65. Kopp, S., Seebald, W.G.: Orientierende Untersuchung des Cranio-Mandibulären Systems (CMS) - Teil 2. ZMK 15, 606-615 (1999).
66. Kopp, S., Seebald, W.G.: Anamnese bei Patienten mit Funktionsstörungen und Schmerzphänomenen im Cranio-Mandibulären System (CMS). ZMK 15, 813-817 (1999).
67. Kordaß, B.: Über die funktionelle Wertigkeit von Hyperbalancen für den Funktionsablauf im Kiefergelenk. Dtsch Zahnärztebl 99, 102-110 (1990).
68. Kubein, D., Jäger, A., Hoffmann, G.: Die sagittale Kompensationskurve und ihre Variation im Laufe des Lebens als Ausdruck der wachstumsbedingten Form- und Strukturveränderungen des Unterkiefers. Fortschr Kieferorthop 47, 48-66 (1986).
69. Kulmer, S.: Die Kieferrelation im Wechselgebiss. Teil 2. Österr Z Stomat 74, 398-411 (1977).
70. Kulmer, S., Richter, M.: Kieferorthopädische Beiträge zur oralen Rehabilitation. Dtsch Zahnärztl Z 32, 155-157 (1977).
71. Kühl, W.: Geometrie der scharnieryelenkbezüglichen Modellorientierung. Dtsch Zahnärztl Z 22, 873-875 (1967).
72. Lauritzen, A.G.: Atlas of occlusal analysis. Carstens und Hamovic, Hamburg 1981.
73. Lerman, M.: The Hydrostatic Appliance: A new approach to treatment to the TMJ pain-dysfunction syndrome. J Am Dent Assoc 89, 1343-1346 (1974).

74. Lotzmann, U.: Die Auswirkungen einer fehllokalisierten Scharnierachse auf die achsiographische Erfassung der mandibulären Kinematik. Dtsch Zahnärztebl 99, 445-448 (1990).
75. Lotzmann, U.: Der Einfluß der Registrierplattenstellung auf die achsiographische Erfassung der Unterkieferbewegungen in der Transversal- und Sagittalebene. Dtsch Zahnärztebl 99, 538-543 (1990).
76. Lotzmann, U., Kobes, L.: Zur transversalen Resilienz der menschlichen Kiefergelenke. Dtsch Zahnärztl Z 43, 60-62 (1988).
77. Lucia, V.O.: Gnathologische Konzepte. Quintessenz, Berlin 1988.
78. Lückerrath, W.: Die Bennettbewegung. Eine Literaturübersicht. Dtsch Zahnärztl Z 46, 189-193 (1991).
79. Lückerrath, W.: Zur Differentialdiagnostik elektronischer Aufzeichnungen der Gelenkbahnen funktionsgestörter Patienten. Dtsch Zahnärztl Z 46, 722-726 (1991).
80. Lückerrath, W., Helfgen, E.H.: Untersuchungen zur transversalen Bewegungskapazität des Kiefergelenkes. Dtsch Zahnärztl Z 46, 197-200 (1991).
81. Manns-Freese, A., Schulte, W.: Eckzahnschliffflächen, Eckzahnführung und ihr Einfluß auf die Unterkieferelevatoren. Dtsch Zahnärztl Z 43, 971-980 (1988).
82. Magnusson, T., Enbom, L.: Signs and symptoms of mandibular dysfunction after introduction of experimental balancing side interferences. Acta Odontol Scand 42, 129-135 (1984).
83. Mc Namara, A. jr., Seligmann, D., Okeson, J.: Okklusion und temporomandibuläre Störungen. Eine Literaturübersicht. Phillip J 12, 343-348 (1995).

84. Miller, V.J., Yoeli, Z., Barnea, E., Zeltser, C.: The effect of parafunction on condylar asymmetry in patients with temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil* 25, 721-724 (1998).
85. Mills, D.K., Fiandaca, D.J., Scapino, R.P.: Morphologic, microscopic and immunohistochemical investigations in human temporomandibular joint disc derangement. *J Orofac Pain* 8, 136-154 (1994).
86. Mohlin, B., Kopp, S.: A Clinical study on the relationship between malocclusions, occlusal interferences and mandibular pain and dysfunction. *Swed Dent J* 2, 105-112 (1978).
87. Mohlin, B., Thilander, B.: The importance of the relationship between malocclusion and mandibular dysfunction and some clinical applications in adults. *Europ J Orth* 6, 192-204 (1984).
88. Morgan, T.R.: Distorsion characteristics of interocclusal registration materials. Master thesis. University of Washington (1977).
89. Morimoto, T., Abekura, H., Tokuyama, H., Hamada, T.: Alteration in the bite force and EMG activity with changes in the vertical dimension of edentulous subjects. *J Oral Rehabil* 23, 336-341 (1996).
90. Moser, F.: Die Funktionsanalyse in der Kieferorthopädie. *Dtsch Zahnärztl Z* 32, 90-92 (1977).
91. Müller, J., Bruckner, G., Schmid, Ch.: Untersuchungen zur Pathogenese von Diskusverlagerungen im Kiefergelenk. Vortrag auf der 24. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bad Nauheim 1991.

92. Myers, M.L.: Centric relation records - historical review. J Prosthet Dent 47, 141-145 (1982).
93. Ott, R.W.: Über die Reaktion der Kaumuskulatur auf okklusal bedingte Funktionsstörungen. Dtsch Zahnärztl Z 40, 211-217 (1985).
94. Ott, R.W., Lechner, K.-H.: Eckzahnführung und muskuläre Reaktion. Dtsch Zahnärztl Z 44, 30-33 (1989).
95. Peroz, I.: Epidemiologie von craniomandibulären Funktionsstörungen - Eine retrospektive Studie. Inform Orthodont Kieferorthop 29, 381-388 (1997).
96. Pullinger, A.G., Seligman, D.A.: Quantification and validation of predictive values of occlusal variables in temporomandibular disorders using a multifactorial analysis. J Prosthet Dent 83, 66-75 (2000).
97. Pullinger, A.G., Solberg, W.K., Hollender, L., Petersson, A.: Relationship of mandibular condyle position to dental occlusion factors in an asymptomatic population. Am J Orthod 91, 200-206 (1987).
98. Rauhala, K., Oikarinen, K.S., Raustia, A.M.: Role of temporomandibular disorders (TMD) in facial pain: occlusion, muscle and TMJ pain. Cranio 17, 254-261 (1999).
99. Reiber, T., Trbola, U.: Vergleich der klinischen Okklusion und der Modellokklusion. Dtsch Zahnärztl Z 48, 170-173 (1993).
100. Reiber, T., Fuhr, K., Hartmann, H., Leicher, D.: Das Zeichungsverhalten von Okklusionsindikatoren. Einfluß der Indikatorstärke, des Drucks und der Oberflächenmorphologie. Dtsch Zahnärztl Z 44, 90-93 (1989).

101. Reiber, T., Fuhr, K., Hartmann, H., Leicher, D.: Das Zeichungsverhalten von Okklusionsindikatoren. Einfluß des Oberflächenmaterials und der Oberflächenrauigkeit. Dtsch Zahnärztebl 98, 756-761 (1989).
102. Reiber, Th., Müller, F.: Klinische Untersuchungen zur statischen Okklusion. Dtsch Zahnärztl Z 49, 363-366 (1994).
103. Reinhardt, W., Reinhardt, R., Iffert, B., Iffert, F.: Die Einschätzung der Okklusion Erwachsener mit Hilfe der Klassifikation von Reinhardt/Reinhardt. Quintessenz 40, 83-92 (1989).
104. Reusch, D., Lenze, P.-G., Fischer, H.: Rekonstruktion von Kauflächen und Frontzähnen. Eigenverlag, Westerbürg 1990.
105. Ricketts, R.M.: Laminography in the diagnosis of temporomandibular joint disorders. J Am Dent Assoc 46, 620-648 (1953).
106. Rinchuse, D.J.: Zur Kontroverse über die Gnathologie in der Kieferorthopädie. Gegenargumente von Donald J. Rinchuse. Phillip J 27, 290-306 (1995).
107. Rinchuse, D. J., Sassouni, V.: An evaluation of functional occlusal interferences in orthodontically treated and untreated subjects. Angle Orthodont 53, 123-129 (1983).
108. Roth, R.H.: Functional occlusion for the orthodontist, Part I. J Clin Orthod 15, 32-51 (1981).
109. Roth, R.H.: Zur Kontroverse über die Gnathologie in der Kieferorthopädie. Phillip J 27, 283-288 (1995).
110. Scaife, R.R., Holt, J.E.: Natural occurrence of cuspid guidance. J Prosthet Dent 22, 225-229 (1961).



111. Schmidseider, J., Motsch, A.: Registrierung der Unterkieferbewegung. Quintessenz, Berlin 1982.
112. Schöttl, W.: Die craniomandibuläre Regulation. Hüthig, Heidelberg 1991.
113. Schulte, W., Lukas, D., Sauer, G.: Myoarthropathien. Epidemiologische Gesichtspunkte, analytische und therapeutische Ergebnisse. Dtsch Zahnärztl Z 36, 343-353 (1981).
114. Schulte, W., Hohloch, W., Schareyka, R.: Die exzessive Schlifffläche. Dtsch Zahnärztl Z 28, 1192-1195 (1973).
115. Schrems, H.T.: Pantographische Untersuchungen in der Kieferorthopädie. Dtsch Zahnärztl Z 32, 93-95 (1977).
116. Schwarz, A.M.: Lehrgang der Gebißregelung. Band I. Urban & Schwarzenberg, Wien 1961.
117. Sebald, W.G., Kopp, S.: Das Cranio-Mandibuläre System. Grundlagen und Basisdiagnostik. Eigenverlag, Kiel 1992.
118. Sebald, W.G., Kopp, S.: Ein neues Verfahren zur Registrierung der zentrischen Relation. Wissenschaftliche Jahrestagung der Neuen Guppe, Freiburg 1994.
119. Seligman, D.A., Pullinger, A.G.: Analysis of occlusal variables, dental attrition, and age for distinguishing healthy controls from female patients with intracapsular temporomandibular disorders. J Prosthet Dent 83, 76-82 (2000).
120. Seib, R.: Neues Pantographiegerät mit teiljustierbarem Artikulator. Dtsch Zahnärztl Z 37, 1003-1006 (1982).

121. Shanahan, T.E., Alexander, L.: Mandibular and articular movements. J Prosthet Dent 12, 82-86 (1962).
122. Simon, R.L., Nicholls, J.I.: Variability of passively recorded centric relation. J Prosthet Dent 44, 21-26 (1980).
123. Siebert, G.K.: Untersuchungen zur anterioren und posterioren Führung des Unterkiefers. Schweiz Monatsschr Zahnmed 94, 236-247 (1984).
124. Slavicek, R.: Die Funktionsanalyse bei fehlender oder gestörter Frontzahnführung. Fortschr Kieferorthop 40, 364-371 (1979).
125. Slavicek, R., Kulmer, S.: Die Rolle des Kieferorthopäden in der Diagnose und Therapie der Dysfunktion. Inform Orthodont Kieferorthop 19, 137-144 (1987).
126. Smolenski, U., Olschowski, E., Kopp, S.: Zusammenhang zwischen Kopfge-  
lenkdysfunktionen und Kiefergelenkdysfunktionen bei Patienten mit Nacken-  
schmerzen. Phys Rehab Kor Med 8, 161-162 (1998).
127. Sonnesen, L., Bakke, M., Solow, B.: Malocclusion traits and symptoms and signs  
of temporomandibular disorders in children with severe malocclusion. Eur J Or-  
thod 20, 543-559 (1998).
128. Stamm, T., Vehrig, A., Ehmer, U., Bollmann, F.: Computergestützte Axiographie  
an beschwerdefreien Patienten mit und ohne Deckbiß. Fortschr Kieferorthop 59,  
237-245 (1998).
129. Stachniss, V.: Diagnostik und Therapie occlusionsbedingter Störungen der Kie-  
fergelenkfunktion. Möglichkeiten und Grenzen. Hanser, München 1984.

130. Stöckli, P.W.: Kieferorthopädie und das gnathologische Konzept der Unterkieferreferenzposition in der terminalen „hinge axis“. Fortschr Kieferorthop 39, 3-17 (1978).
131. Toutenburg, H., Toutenburg, S., Walther, W.: Datenanalyse und Statistik für Zahnmediziner. Hanser, München 1991.
132. Thielemann, K.: Biomechanik der Parodontose. Barth, Leipzig 1956.
133. Utz, K.-H., Schmitt, L., Bernard, N.: Intraorale und extraorale Bestimmung der sagittalen Kondylenbahnneigung im simultanen Vergleich. Dtsch Zahnärztl Z 48, 309-312 (1993).
134. Watanabe, E.K., Yatani, H., Kuboki, T., Matsuka, Y., Terada, S., Orsini, M.G., Yamashita, A.: The relationship between signs and symptoms of temporomandibular disorders and bilateral occlusal contact patterns during lateral excursions. J Oral Rehabil 25, 409-415 (1998).
135. Westesson, P., Eriksson, L., Kurita, K.: Reliability of a negative clinical temporomandibular joint examination: Prevalence of disk displacement in asymptomatic temporomandibular joints. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 68, 551-554 (1989).
136. Williamson, E.H.: Occlusion: Understanding or misunderstanding. Angle Orthod 46, 86-93 (1976).
137. Wood, D.P., Korne, P.H.: Geschätzte und wahre Scharnierachse: ein Vergleich der Kondylenverlagerungen. Inform Orthodont Kieferorthop 25, 97-107 (1994).
138. Yoshida, K.: The elektromyographic activity of the masticatory muscles during temporomandibular joint clicking. Schweiz Monatsschr Zahnmed 105, 24-29 (1995)

139. Zhang, Z.K., Ma, X.C., Gao, S., Gu, Z.Y., Fu, K.Y.: Studies on contributing factors in temporomandibular disorders. Chin J Dent Res 2, 7-20 (1999).
140. Zimmer, B., Jäger, A., Kubein-Meesenburg, D.: Anomalietytische Eufunktion bei Patienten der Angle-Klassen I, II und III. Inf Orthod Kieferorthop 24, 223-234 (1992).